

滁州市农业生态环境质量动态评价及预测

房莎莎¹, 王妮^{1,2*}, 孙杰¹

(1. 滁州学院地理信息与旅游学院, 安徽滁州 239000; 2. 安徽省地理信息集成应用协同创新中心, 安徽滁州 239000)

摘要 [目的]客观准确地评价和预测滁州市农业生态质量状况及发展趋势。[方法]选取滁州市农业生态环境质量评价指标,运用主成分分析法对评价指标进行筛选,建立农业生态环境质量综合评价模型,采用灰色系统 GM(1,1)模型对农业生态环境质量状况进行预测。[结果]滁州市农业生态环境质量长期处于 III 级,且波动幅度较小;农业生态环境保护指标和农业环境污染指标对滁州市农业生态环境质量的影响较大。[结论]滁州市农业生态环境质量有很大改善空间,人类活动对农业生态环境质量的影响显著。

关键词 生态农业;农业生态环境质量;滁州市

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)31-0052-06

Dynamic Assessment and Prediction on Quality of Agricultural Eco-environment in Chuzhou

FANG Sha-sha¹, WANG Ni^{1,2*}, SUN Jie¹ (1. School of Geographic Information and Tourism, Chuzhou University, Chuzhou, Anhui, 239000; 2. Anhui Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Integration and Application, Chuzhou, Anhui 239000)

Abstract [Objective] The study aimed to evaluate and forecast the status and development trend of agricultural ecological quality objectively and accurately of Chuzhou City. [Method] Selection the index of agricultural ecological environmental quality evaluation and screening evaluation indexes by using principal component analysis. Established the comprehensive evaluation model of agricultural ecological environment quality and the GM (1,1) grey system theory model was applied to predict the evolution trend of agricultural eco-environment. [Result] The agricultural ecological environment quality of chuzhou in the "III" for a long time and less volatility; The index of agricultural ecological environment protection and agricultural environmental pollution index has great influence on the quality of agricultural ecological environment in Chuzhou city. [Conclusion] The Chuzhou agricultural ecological environmental quality is still great rising space and human activities have an significant influences on the quality of agricultural ecological environment.

Key words Ecological agriculture; Agricultural ecological environment quality; Chuzhou City

农业生态环境是农业生存和发展的前提,是人类社会生产发展最重要的物质基础,是由社会经济、自然和人类活动组成的复合生态系统^[1-2]。农业生态环境的质量不仅影响着农业可持续发展,还影响着人类生活环境。随着社会经济的发展 and 人类进步,农业生态环境质量也处于不断的动态变化中,既朝着有利方向的发展,又有不断恶化的趋势^[3]。因此,对农业生态环境质量进行评价,客观、深入地认识和了解农业生态环境的动态变化显得尤为重要^[4-5]。近年来,国内外学者对农业生态环境的研究主要集中于经济、社会、环境、科技、资源等要素在内的复合农业生态系统。国内的研究较多地关注社会效益和经济效益的评价,弱化了生态环境指标的作用^[6-7],从而忽视了对农业生态环境质量时空变化的分析。农业生态环境质量评价的方法和模型应用较为广泛,目前主要采用模糊综合评价法^[8]、灰色综合聚类法^[9]、层次分析法^[10-11]、人工神经网络评价模型^[12]及投影追踪模型^[13]等。其中主成分分析法便于找到符合研究区域的评价指标,可准确评价农业生态环境质量。滁州市不仅是南京都市圈核心圈层城市、合肥经济圈的重要城市之一,更是江淮地区重要的枢纽城市,近年来致力于打造苏皖之间新兴区域中心城市,经济发展水平不断提高。但是,随着城市化进程的加快,各种农业问题接踵而来^[14-16]。因此,分析滁州市农业生

态生态环境质量的时空变异具有重要意义。笔者运用主成分分析法对滁州市农业生态环境评价指标进行筛选,采用灰色系统 GM(1,1)模型对未来滁州市农业生态环境状况进行预测,对农业生态环境质量进行定量和定性评价,旨在为该地区农业可持续发展及农业生态环境建设提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 滁州市位于皖东江淮丘陵地区,主要地形为平原和丘陵,地理坐标为 118°11' E, 32°32' N。滁州市总面积 13 398 km²,下辖天长市、明光市、来安县、全椒县、定远县、凤阳县、琅琊区、南谯区,总人口 435 万。滁州处于北温带与亚热带的南北过渡地带,夏季炎热多雨,冬季寒冷少雨,年均温 14.4~16.6℃,多年平均降水量 1 031.2 mm。全市土地肥沃,气候适宜,盛产优质水稻、小麦、玉米、大豆等农副产品,农产品丰富,商品率高,是国家大型商品粮生产基地之一,粮食总产量占全省的 12.50%,粮食商品量占全省的 25.00%^[17]。滁州市下辖的定远县被列为国家瘦肉型猪养殖基地,全国粮食生产先进县,为全省社会经济的发展及生态建设提供重要的物质基础。随着经济的不断发展和城乡建设的投入,耕地面积不断减少,农业生态环境污染日益严重,全市的农业生态环境面临越来越大的压力。虽然滁州市不断加强农业生产投入和环保投资力度,加大对农业生态环境污染的治理,但是农业生态环境存在的问题仍不容忽视。滁州市作为国家商品粮生产基地之一,其农业生态环境质量状况对于滁州市乃至整个南北过渡地带的农业可持续发展具有重要意义。

1.2 评价指标体系构建

1.2.1 指标选取. 农业生态环境质量评价是指以县域农业

基金项目 国家级大学生创新创业训练计划项目(201510377014);安徽高校省级自然科学研究项目重点项目(KJ2016A531);滁州学院大学生创新创业训练计划项目(2015CXXL036);安徽省大学生创新创业训练计划项目(201510377032)。

作者简介 房莎莎(1993-),女,安徽阜阳人,本科生,专业:GIS应用。
*通讯作者,讲师,博士,从事遥感与GIS研究。

收稿日期 2016-08-17

生态环境为评价对象,依据农业生态系统属性数据和资料,要求评价指标的选取要遵循科学性、适用性、完备性、动态性及可操作性等原则^[18],以评价指标体系覆盖农业生态环境各方面,能够有效反映农业生态环境质量动态变化为出发点,将农业生态环境质量评价指标分为农业自然环境状况指标、农业现代生产投入指标、农业环境污染指标和农业生态环境保护指标。农业自然环境状况指标是指滁州市自然环境状况;农业现代生产投入指标是指现代化技术在农业生产中的投入;农业环境污染指标是指人类的生产活动对农业生

态环境质量的影响;农业生态环境保护指标是指农业生态环境质量在自然和人类共同影响下的变化趋势。

笔者运用主成分分析法对初选评价指标进行进一步筛选,对不同子系统的主成分进行分析,得出各子系统的主成分。具体步骤:对各子类指标进行标准化处理,并构建判别矩阵,用 SPSS 软件计算矩阵的特征值和方差贡献率,选取累积指标达到 85% 的指标作为主成分来概括各子系统指标的特性。利用主成分分析法筛选后,评价指标体系共有 18 个评价指标(表 1)。

表 1 滁州市农业生态环境质量动态评价指标体系

Table 1 Dynamic evaluation index system of agricultural eco-environmental quality in Chuzhou City

目标层 Target layer	准则层 Rule layer	权重 Weight	指标层 Index layer	权重 Weight	指标类型 Index type
农业生态环境质量动态评价 Dynamic assessment on quality of agricultural eco-environment	农业自然环境状况指标	0.285	年日照时数	0.065	正向
			森林覆盖率	0.046	正向
			年降水量	0.043	正向
			水资源总量	0.053	正向
			年平均气温	0.057	正向
	农业环境污染指标	0.331	农药使用强度	0.050	逆向
			农膜使用量	0.071	逆向
			农用化肥使用量	0.069	逆向
			工业废水排放量	0.073	逆向
			工业废气排放总量	0.078	逆向
			农业产值	0.059	正向
			有效灌溉面积	0.057	正向
			机耕面积	0.079	正向
	农业现代生产投入指标	0.245	人均耕地面积	0.057	正向
			造林总面积	0.032	正向
			土地治理投资	0.056	正向
			地表水功能区水质达率	0.032	正向
			治理水土流失面积	0.021	正向
农业生态环境保护指标	0.138				

1.2.2 权重确定。确定评价指标权重的方法有德尔菲法、层次分析法、两两比较法、熵权法等。笔者运用熵值确定权重法来确定各评价指标的权重。熵权法具有客观公正和无偏好的特点,并且减少了不可控因素引起的不确定性。

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 H_j ,其权重为 W_j ,计算公式为:

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^n r_{ij}}, K = \frac{1}{\ln n} \quad (1)$$

式中, r_{ij} 为第 i 个被评事物第 j 个指标的标准化值。

$$H_j = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \quad (2)$$

$$W_j = \frac{1 - H_j}{m - \sum_{j=1}^n H_j} \quad (3)$$

式中,为使 $\ln P_{ij}$ 有意义,一般约定:当 $P_{ij} = 0$ 时, $P_{ij} \ln P_{ij} = 0$,其中变异越大的指标权重越大。

1.2.3 评价过程。

1.2.3.1 指标标准化。

指标的统计数值并对其进行标准化处理。笔者采用最大-最小值法对统计数据进行标准化处理,对各评价指标进行无量纲化处理。最大-最小值标准化方法是对原始指标数据进行线性变换,将指标数据值统一到 0~1,消除原始指标变量量纲差异的影响。最大-最小值标准化方法如下:

(1) 正效应指标,即数值越大效益越好的指标,标准化方法如下:

$$S_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_j}{\max X_j - \min X_j} \quad (4)$$

(2) 负效应指标,即数值越小效益越好的指标,标准化方法如下:

$$S_{ij} = \frac{\max X_j - X_{ij}}{\max X_j - \min X_j} \quad (5)$$

式中, S_{ij} 是指标的标准化值; X_{ij} 是第 i 个评价对象的第 j 项指标的实际数值; $\max X_j$ 为该项指标的最大值, $\min X_j$ 为该项指标的最小值。

1.2.3.2 综合指数计算。

$$E = \sum_{j=1}^n W_j \times S_{ij} \quad (6)$$

式中, E 为农业生态环境质量综合指数; W_j 为指标 j 的权重; S_{ij} 为评价指标的标准化值。综合指数为 0~1, 该值越小, 说明农业生态环境质量越差。

1.3 预测方法 由于评价指标值的模糊不确定性, 笔者采用灰色系统 GM(1,1) 模型对 2012~2017 年农业生态环境质量评价指标的变化进行预测。

1.3.1 灰色系统 GM(1,1) 模型构建。 灰色系统 GM(1,1) 是在灰色理论的引导下, 将一切随机变量看作是在一定范围内变化的灰色量, 将随机过程看作是在一定范围内与时间有关的灰色过程。它以指数形式为基础, 确定观测初始值为定积分常数。通过对时间序列累加后, 用微分拟合法构建一阶常系数微分方程。该方法能够对杂乱无序的数据进行处理, 并将缺失数据通过计算进行补充, 对于预测分析结构关系和运行机制不明确的对象和过程系统具有独特的优势。灰色系统 GM(1,1) 模型建立过程如下^[19]:

(1) 设有特征灰色系统。对原始数据列 $X^{(0)} = \{X^{(0)}$

(1), $\dots, X^{(0)}$ (3) $\}$ 做一次累加生成, 即令 $x^{(1)}(t) = \sum_{k=1}^t x^{(0)}$

(K), 得到累加生成数序列:

$$x^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\} \quad (7)$$

(2) 构造累加矩阵和常数向量。

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(M-1) + X^{(1)}(M)] & 1 \end{bmatrix}, Y_M = \begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(M) \end{bmatrix} \quad (8)$$

式中, B 为构造数据矩阵; Y_M 为常数向量; M 为新数据列的元素个数。

(3) 求解灰色参数。通过最小二乘法拟合计算灰色参数, 计算公式:

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_M \quad (9)$$

式中, \hat{a} 为灰色参数; a 和 u 为待求参数; B^T 为累加矩阵的转置矩阵。

(4) 建立预测公式。构建时间响应函数:

$$X^{(1)}(t+1) = \left[X^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right] e^{-u} + \frac{u}{a} \quad (10)$$

式(10)为数列预测的基础公式, 由该式可得到一次累加生成数列的预测值, 预测公式见下:

$$\hat{X}^{(0)}(t) = \hat{X}^{(1)}(t) - \hat{X}^{(0)}(t-1) \quad (11)$$

(5) 模型诊断。为了保证模型的可靠性, 必须对模型进行诊断。笔者采用的诊断方法是先计算指标数据的离差 S_1 和残差 S_2 , 进而计算后验比 (C) 及小误差概率 (P)。根据 C 和 P 分析模型的可靠性, 当 $P > 0.95$ 和 $C < 0.35$ 时, 认为该

模型可以对评价系统进行预测:

$$S_1^2 = \sum_{t=1}^m [X^{(0)}(t) - \bar{X}^{(0)}(t)]^2,$$

$$S_2^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{t=1}^m [X^{(0)}(t) - \bar{X}^{(0)}(t)]^2 \quad (12)$$

$$C = \frac{S_1}{S_2} \quad (13)$$

$$P = \{ |X^{(0)}(t) - \bar{X}^{(0)}(t)| < 0.674 5 S_1 \} \quad (14)$$

式中, S_1 为数据列离差; S_2 为数据列残差; C 为后验比; P 为小概率误差; $X^{(0)}(t)$ 为预测后第 t 个数据值; $\bar{X}^{(0)}(t)$ 为预测数列前 t 个数据的均值。

1.3.2 质量等级划分。 参照《中华人民共和国环境保护行业标准》^[20], 根据评价的综合指数和相关研究^[21-22], 将滁州市农业生态环境质量和各子系统各划分为 5 级, 划分结果见表 2~6。

表 2 滁州市农业生态环境质量分级标准

Table 2 Classification standard of agricultural ecological environment quality in Chuzhou City

质量等级 Quality grade	综合指数 (E) Composite index	等级含义 Level meaning
I	$0 \leq E < 0.20$	农业生态环境总体质量差, 条件恶劣, 服务功能丧失, 生态环境受损程度大
II	$0.20 \leq E < 0.35$	农业生态环境总体质量较差, 服务功能退化且不全, 生态环境受损程度相对较大
III	$0.35 \leq E < 0.55$	农业生态环境总体质量一般, 生态环境受到一定程度的破坏, 社会经济发展水平呈现良好趋势
IV	$0.55 \leq E < 0.75$	农业生态环境总体质量良, 系统结构基本完善, 服务功能良好, 社会经济发展水平较高
V	$E \geq 0.75$	农业生态环境总体质量优, 服务功能很好, 自然社会经济协调发展, 社会经济发展水平高, 农田水利设施完善, 农业生态系统稳定

表 3 滁州市农业环境污染指标质量分级标准

Table 3 Classification standard of agricultural environmental pollution index in Chuzhou City

质量等级 Quality grade	综合指数 (E) Composite index	等级含义 Level meaning
I	$0 \leq E < 0.35$	农业环境属特大污染, 土壤肥力遭到严重破坏, 农药、农膜过度使用, 土地退化非常严重; 工业废水废气排放量大, 生态灾害经常发生
II	$0.35 \leq E < 0.55$	农业环境遭到重大污染, 土壤肥力破坏较大, 农药、农膜使用量相对较多, 土地退化较为严重; 工业污染物排放较大, 生态灾害较多
III	$0.55 \leq E < 0.65$	农业环境属较大污染, 土壤肥力损失较为明显, 农药、农膜使用量不断降低, 土壤污染程度较轻, 工业污染物排放量趋于合理, 生态灾害时有发生
IV	$0.65 \leq E < 0.80$	农业环境属一般污染, 农药、化肥、农用塑料薄膜使用量一般, 土地退化及土壤污染情况不明显, 工业污染物能够得到有效处理
V	$E \geq 0.80$	农业环境几乎没有受损现象, 农药、农膜使用量较少, 且能自行分解, 没有土地退化现象, 工业污染物得到有效遏制

表 4 滁州市农业现代生产投入指标质量分级标准

Table 4 Classification standard of agricultural modern production inputs in Chuzhou City

质量等级 Quality grade	综合指数(E) Composite index	等级含义 Level meaning
I	$0 \leq E < 0.30$	农业现代化生产投入较差,机械化水平非常低,农田灌溉很不合理,农业产值很低
II	$0.30 \leq E < 0.50$	农业现代化生产投入差,机械化水平较低,农田灌溉不合理,农业产值低
III	$0.50 \leq E < 0.65$	农业现代化生产投入一般,机械化水平一般,农田水利设施不断发展,农业产值一般
IV	$0.65 \leq E < 0.75$	农业现代化生产投入良好,农业机械化水平趋于完善,农田水利设施良好,农业产值较高
V	$E \geq 0.75$	农业现代化生产投入优,农业机械化完善,农田水利设施完善,农业产值高

表 5 滁州市农业自然环境状况指标质量分级标准

Table 5 Classification standard of agricultural natural environmental conditions in Chuzhou City

质量等级 Quality grade	综合指数(E) Composite index	等级含义 Level meaning
I	$0 \leq E < 0.30$	水热条件组合很差,农业产值很低
II	$0.30 \leq E < 0.50$	水热条件组合较差,农业产值较低
III	$0.50 \leq E < 0.65$	水热条件组合一般,农业产值一般
IV	$0.65 \leq E < 0.80$	水热条件组合良好,农业产值较高
V	$E \geq 0.80$	水热条件组合非常好,农业产值高

表 6 滁州市农业生态环境保护指标质量分级标准

Table 6 Classification standard of agricultural eco-environmental protection in Chuzhou City

质量等级 Quality grade	综合指数(E) Composite index	等级含义 Level meaning
I	$0 \leq E < 0.20$	土地治理投资低,水质达标率低,水土流失面积非常大,农业生态环境系统的恢复与重建非常困难,生态灾害经常发生
II	$0.20 \leq E < 0.35$	土地治理投资较低,水质达标率较低,水土流失面积大,农业生态环境系统的恢复与重建比较困难,生态灾害较多
III	$0.35 \leq E < 0.55$	土地退化比较明显,农业生态环境系统遭到一定程度破坏,生态灾害时有发生
IV	$0.55 \leq E < 0.75$	土地退化不明显,农业生态环境系统受损程度较小,生态灾害不大,且能及时控制和预防
V	$E \geq 0.75$	农业生态环境系统完好,没有土地退化情况,生态灾害几乎很少发生

2 结果与分析

2.1 农业生态环境质量总体变化 由表 7 可知,滁州市农业生态环境质量长期维持在 III 级,属于一般水平,波动幅度较小。近年来,滁州市致力于打造苏皖之间新型区域中心城市,农业生态环境的重要性日益得到滁州市人民的广泛关注及重视,产业结构调整、农业发展方式转变、环境保护等一系列措施的实施,以及推广秸秆还田政策的制订,固体废弃物无害化处理厂、污水处理厂等环保基础设施相继建成并投入使用,使得滁州市农业生态环境质量不断好转。但是滁州市的农业生态环境质量的综合指数仍处于较低水平,农业生态环境质量仍需要很大的改善和调整,土壤质量退化、耕地资

源不断减少,农业污染严重等问题仍然阻碍着农业生态环境质量的进一步提升。2002—2011 年滁州市农业生态环境质量呈波动上升,这与滁州市的每年实施措施紧密相关。

表 7 滁州市农业生态环境质量动态评价结果

Table 7 Dynamic evaluation results of agricultural eco environmental quality in Chuzhou City

年份 Year	实际值 Actual value	拟合值 Fitted values	误差 Error//%	质量等级 Quality grade
2002	0.427 1	0.427 1		III
2003	0.651 4	0.647 8	1.736 2	IV
2004	0.384 8	0.391 8	-1.394 5	III
2005	0.309 5	0.313 9	-1.256 2	II
2006	0.421 7	0.392 3	1.837 4	III
2007	0.342 1	0.341 0	0.329 4	III
2008	0.288 5	0.279 9	1.538 2	II
2009	0.294 1	0.288 4	0.364 6	II
2010	0.404 8	0.390 7	0.863 2	III
2011	0.348 8	0.345 1	0.542 5	II
2012	0.334 6	0.335 8	-0.327 6	III
2013	0.413 7	0.413 3	0.223 6	III
2014	—	0.431 4	—	III
2015	—	0.464 4	—	III
2016	—	0.494 9	—	III
2017	—	0.525 9	—	III

2.2 农业生态环境质量评价子系统变化

2.2.1 农业自然环境状况指标。由表 8 可知,2002—2011 年滁州市农业自然环境状况指标总体呈稳步改善的趋势,农业自然环境指标总体处于 III 级。滁州市地属皖东地区,夏季炎热多雨,冬季寒冷少雨。气候不稳定会影响农业发展,随着农作物产业的调整以及农作物对南北区域过渡带气候的适应,使得农业自然环境状况,在滁州市农业生态环境质量中发挥越来越重要的作用。未来几年,滁州市加快转变农业发展方式,致力打造生态农业城市和旅游城市,将采取一系列措施积极改善农业生态环境,提升农业生产效益。这一阶段土壤质量得到有效改善,水资源得到一定程度的开发,使得农业自然环境状况得到进一步优化。根据预测结果可知,2012—2017 年滁州市农业自然环境状况指标仍不断提高,将更加有利于提高滁州市农业生态环境质量。

2.2.2 农业生态环境保护指标。由表 8 可知,2002—2012 年滁州市农业生态环境保护指标总体呈较低水平,其评价等级可以分为 3 个阶段:2003 年拟合值达到 0.719 7,等级为 IV 级,这是由于 2003 年造林总面积和治理水土流失面积达到研究阶段的最高值;2004—2010 年农业生态环境保护指标总体呈下降趋势,这一阶段滁州市社会经济发展迅速,城市化进程加快,不合理的土地利用方式加剧了农田退化和水土流失,在大力发展经济的同时忽略了环保问题的解决,导致农业生态环境保护投入不足,严重影响滁州市农业生态环境质量,其等级由 IV 级退化为 I 级。2010 年之后,农业生态环境保护指标拟合值不断上升,这是由于随着滁州市土地利用规划和城市空间结构规划的逐步实施和完善,人类活动对农业

生态环境的破坏逐渐缓解。随着社会经济水平不断提高和人们的环保意识不断增强,农业污染防治和生态防护逐渐开展和加强,农业生态环境保护指标不断上升。

2.2.3 农业环境污染指标。由表8可知,2002—2011年滁州市农业环境污染指标综合指数总体呈上升趋势,其等级由I级上升为IV级。2002—2004年农业环境受到严重污染,综合评价指数处于差与较差的阶段。这是由于人们不合理使用农药、农膜和化肥,导致农田污染严重,再加上滁州市处于工业化和城市化迅速发展的阶段,工业废气废水排放量较大,治理工作不足,使得工业污染和农业面源污染等污染问题日益严重,农业环境质量受到严重的影响。从2007年开始,农业环境污染指标上升到IV级,并且不断优化。随着滁州市产业结构的调整和发展旅游城市目标的提出,加大污染防治,限制土地利用方式,逐渐减少了人类活动对农业生态

环境的破坏,农业环境质量得到显著提升并趋于稳定,其综合指数持续保持IV级。

2.2.4 农业现代生产投入指标。由表8可知,2002—2011年滁州市农业现代化生产投入指标总体处于III级,拟合值从0.3519上升到0.5339。农业现代生产投入子系统由农业产值、有效灌溉面积、机耕面积和人均耕地面积4个指标组成。滁州市在加大农业现代生产投入的同时,不断加强水利设施建设和水资源开发,以保证农田有效灌溉。机械化的发展推动了机耕面积的扩大,在一系列措施的推动下,农业现代生产投入仍不断改善和强化。2012—2017年在滁州市一系列积极政策的促进下,农业现代生产投入进一步增加,根据预测结果可知,农业现代生产投入等级从III级上升到IV级并不断优化,拟合值增加至0.6837。

表8 滁州市农业生态环境质量评价子系统综合指数预测结果

Table 8 Prediction results of comprehensive index of agricultural ecological environment quality evaluation subsystem in Chuzhou City

年份 Year	农业自然环境状况指标 Agricultural natural environment index				农业生态环境保护指标 Lagricultural eco-environmental protection index			
	实际值 Actual value	拟合值 Fitted value	误差 Error//%	质量等级 Quality grade	实际值 Actual value	拟合值 Fitted value	误差 Error//%	质量等级 Quality grade
2002	0.182 2	0.182 2	—	I	0.324 3	0.324 3	—	II
2003	0.445 4	0.464 4	-2.605 6	III	0.711 0	0.719 7	-0.484 6	IV
2004	0.431 9	0.445 5	-1.528 3	III	0.120 2	0.125 7	-0.375 8	I
2005	0.311 1	0.345 2	-2.469 6	II	0.105 9	0.091 5	1.363 2	I
2006	0.558 0	0.539 7	2.348 2	III	0.329 4	0.349 7	-2.537 6	II
2007	0.552 4	0.555 6	1.349 6	IV	0.177 8	0.170 1	1.437 7	I
2008	0.310 9	0.348 6	-2.738 2	II	0.171 6	0.170 8	0.736 2	I
2009	0.356 3	0.356 1	0.708 7	III	0.184 8	0.165 6	2.304 5	I
2010	0.718 7	0.729 7	-1.485 9	IV	0.138 8	0.139 1	-0.467 4	I
2011	0.355 0	0.359 3	-2.374 2	III	0.225 0	0.239 7	-1.669 7	II
2012	0.378 4	0.371 6	-0.603 1	III	0.337 4	0.335 6	0.582 1	II
2013	0.488 5	0.471 9	1.452 6	III	0.358 5	0.360 9	-1.493 2	III
2014	—	0.488 3	—	III	—	0.339 5	—	III
2015	—	0.508 6	—	III	—	0.401 0	—	III
2016	—	0.501 5	—	III	—	0.457 2	—	III
2017	—	0.541 5	—	III	—	0.477 2	—	III

年份 Year	农业环境污染指标 Agricultural environmental pollution index				农业现代生产投入指标 Modern agricultural production input index			
	实际值 Actual value	拟合值 Fitted value	误差 Error//%	质量等级 Quality grade	实际值 Actual value	拟合值 Fitted value	误差 Error//%	质量等级 Quality grade
2002	0.130 4	0.130 4	—	I	0.351 9	0.351 9	—	III
2003	0.077 7	0.070 3	0.165 6	I	0.353 1	0.353 4	-0.069 8	III
2004	0.296 2	0.260 2	2.528 3	II	0.359 8	0.351 9	1.175 4	III
2005	0.534 8	0.528 5	1.169 6	II	0.371 1	0.398 9	-2.569 2	III
2006	0.630 7	0.610 6	2.348 2	III	0.388 1	0.390 8	-1.484 6	III
2007	0.701 6	0.713 1	-1.458 3	IV	0.426 8	0.401 5	2.669 3	III
2008	0.723 5	0.704 8	1.838 2	IV	0.434 0	0.421 6	1.703 2	III
2009	0.762 9	0.763 7	-0.498 7	IV	0.461 8	0.464 7	-0.684 5	III
2010	0.720 2	0.726 9	-0.485 9	IV	0.495 5	0.485 0	1.590 4	III
2011	0.691 3	0.688 2	1.241 6	IV	0.512 3	0.498 4	2.698 2	III
2012	0.700 6	0.706 0	-0.603 1	IV	0.536 7	0.533 9	0.472 1	III
2013	0.681 3	0.687 0	2.652 6	IV	0.572 0	0.562 2	1.493 2	IV
2014	—	0.692 0	—	IV	—	0.590 9	—	IV
2015	—	0.713 4	—	IV	—	0.622 9	—	IV
2016	—	0.698 6	—	IV	—	0.669 4	—	IV
2017	—	0.724 6	—	IV	—	0.683 7	—	IV

3 结论与建议

(1)笔者从农业自然环境状况指标、农业现代生产投入指标、农业环境污染指标和农业生态环境保护指标4个方面构建农业生态环境评价指标体系,运用主成分分析法对初选评价指标进行了筛选,利用熵权法计算每个评价指标的权

重,并采用灰色系统GM(1,1)模型对2012—2017年滁州市农业生态环境状况进行预测,在此基础上对滁州市2002—2017年的土地生态安全状况进行了动态评价。结果表明,滁州市农业生态环境质量综合指数总体呈稳步上升趋势。由于不同时期的社会经济发展水平、环保投资力度、农业发展

方式等存在差异,导致 2002—2017 年滁州市农业生态环境质量不断变化。通过对滁州市农业生态环境的动态评价可知,农业环境污染指标对农业生态环境质量的变化影响最大,表明农业环境污染是影响农业生态环境变化的主导因素。农业自然环境状况指标是农业生态环境质量的重要组成部分,但是农业自然环境状况受滁州市所处的特殊的地理位置和气候条件等自然因素的影响,短期内仍难以改变。农业现代生产投入指标在农业生态环境质量中发挥着重要作用,表明人类活动深刻影响着农业生态环境质量。农业生态环境保护指标是人类活动在自然环境的影响下对农业生态环境质量做出的改善和调整,是农业生态环境质量评价中不可或缺的一部分。

(2) 鉴于农业生态环境是由社会经济、自然和人类活动组成的复合系统,评价其质量高低的关键是构建全面有效的评价指标体系,选择合适的评价方法。笔者选取指标时存在数据的难获得性和部分评价指标的局限性,导致评价指标体系存在一定的缺陷,需要今后进一步发展和完善。

(3) 从不同子系统对农业生态环境质量的影响程度出发,滁州市应该减少农药、农膜的使用量,大力实施秸秆还田政策,推广生物农药的替代施用,逐步加大生物农药的施用比重,加快滁州市由传统农业向现代农业转型;加快调整经济产业结构,减少工业废水废气的排放量,保护农业生态环境不受工业污染的影响;大力开展植树造林活动,提高林地指数;合理加大水资源开发力度,改善农田排水灌溉系统;深入推进深松整地技术,增强耕地蓄水保墒和抗旱能力,减少农田用水量,增加土壤肥力;加大环保投资力度,降低环境污染对农业生产的影响,为农业的健康发展创造良好的条件。

参考文献

[1] 张文红,陈森发. 农业生态环境灰色综合评价及其支持系统[J]. 系统工程理论与实践,2003(11):119-124.

[2] 褚晋,高巍,王俭. 农业生态环境质量评价指标的确定[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报,2007,20(2):18-19.

[3] 朱闪闪,赵言文,张彤吉. 农业生态环境质量评价:以江苏省丰县为例[J]. 江苏农业科学,2008,13(1):245-247.

[4] 唐婷,李超,吕坤,等. 区域农业生态环境质量与生态经济的时空变化研究[J]. 水土保持学报,2012,26(3):272-276.

[5] 陈惠,王加义,李丽纯,等. 福建省农业生态环境评价因子时空动态变化与评估[J]. 中国农业气象,2011,32(1):56-60.

[6] 王永洁,王亚娟,刘小鹏. 宁夏农业生态环境质量综合评价及优化研究[J]. 水土保持研究,2007,14(5):53-56.

[7] 邱化蛟,常欣,程序,等. 农业可持续性评价指标体系的现状分析与构建[J]. 中国农业科学,2005,38(4):736-745.

[8] 阎伍玖. 区域农业生态环境质量综合评价方法与模型研究[J]. 环境科学学报,1999,12(3):49-52.

[9] 刘新卫. 长江三角洲典型县域农业生态环境质量评价[J]. 系统工程理论与实践,2005,6(1):132-138.

[10] 张文红,陈森发. 农业生态环境灰色综合评价及其支持系统[J]. 系统工程理论与实践,2003(11):119-124.

[11] 吕连宏,张征,李道峰,等. 应用层次分析法构建中国煤炭城市生态环境质量评价指标体系[J]. 能源环境保护,2005,19(5):53-56.

[12] 米相成,马克平,邹应斌. 神经网络模型及其在农业和生态学中的应用[J]. 植物生态学报,2005,29(5):863-870.

[13] 王顺久,杨志峰. 区域农业生态环境质量综合评价投影寻踪模型研究[J]. 中国生态农业学报,2006,14(1):173-176.

[14] 高正宝,柴文北,王伟伟,等. 滁州市农田土壤养分调查与分析[J]. 农技服务,2009,26(5):66-67.

[15] 梁建余,柴文北. 滁州市农田土壤质量退化现状及对策[J]. 现代农业科技,2012,(7):286-288.

[16] 詹文娟,裴豪杰,黄琼,等. 滁州市耕地变化及驱动力分析[J]. 浙江农业科学,2015,56(3):409-411.

[17] 宋佃星. 秦岭南北气候变化响应与适应研究[D]. 西安:陕西师范大学,2012:12.

[18] 蔡玉秋,杨鑫. 农业生态环境质量评价问题研究[J]. 生态经济,2013(2):175-177.

[19] 王俭,周林波. 农业生态环境质量评价研究[J]. 中国环境管理,2004(3):40-41.

[20] 中国环境监测总站. 生态环境状况评价技术规范: HJ/T 192—2006[S]. 北京:中国环境科学出版社,2006.

[21] 高奇,师学文,张琛,等. 县域农业生态环境质量动态评价及预测[J]. 农业工程学报,2014,30(5):228-237.

[22] 孟丽静,李彦丽. 迁西县农业生态环境质量综合评价[J]. 国土与自然资源研究,2005(3):39-40.

(上接第 51 页)

[3] 闫金玉,袁志永,吴殿信. 烤烟质量评价指标体系研究[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版),2001,16(4):57-61.

[4] 尹启生,陈江华,王信民,等. 2002 年度全国烟叶质量评价分析[J]. 中国烟草学报,2003,9(S1):59-70.

[5] WEEKS W W. Chemistry of tobacco constituents influencing flavor and aroma[J]. Rec Adv Tob Sci, 1985(11):175-200.

[6] 赵铭欽,陈红华,刘国顺,等. 增施不同有机物质对烤烟烟叶香气质量的影响[J]. 华北农学报,2007,22(5):51-55.

[7] 赵晓丹,史宏志,钱华,等. 不同类型烟草常规化学成分与中性致香物质含量分析[J]. 华北农学报,2012,27(3):234-238.

[8] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:244-275.

[9] 史宏志,刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京:中国农业出版社,1998.

[10] 王瑞新,马常力,韩锦峰,等. 烤烟不同品种香气物质成分的定量分析[J]. 河南农业大学学报,1991(6):151,154.

[11] 周正红,高孔荣,张水华. 烟草中化学成分对卷烟色香味品质的影响

及其研究进展[J]. 烟草科技,1997(2):22-25.

[12] 谭仲夏. 灰色关联分析方法在烟草内在质量评价上的应用[J]. 安徽农业科学,2006,34(5):924,971

[13] 史宏志,刘国顺,杨惠娟,等. 烟草香味学[M]. 北京:中国农业出版社,2011.

[14] 张广东,史宏志,杨兴有,等. 烤烟与白肋烟互换调制方法对烟叶中性香气物质含量及感官质量的影响[J]. 中国烟草学报,2015,21(4):34-39.

[15] 廖慧云,甘学文,陈晶波,等. 不同产地烤烟复烤烟叶 C3F 致香物质与其感官质量的关系[J]. 烟草科技,2006(6):46-50.

[16] 程昌新,卢秀萍,许自成,等. 基因型和生态因素对烟草香气物质含量的影响[J]. 中国农学通报,2005,21(11):137-139.

[17] 何登峰,许仪,许自成,等. 农艺措施和调制条件对烟草香气物质含量的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(4):199-202.

[18] 王兵,申玉军,张玉海,等. 国产烤烟与津巴韦布烟叶常规化学成分比较[J]. 烟草科技,2008(8):33-37.