

马国勇,陈 红,田仲富,等. 基于投影寻踪模型的循环型农业评价研究——以黑龙江省为例[J]. 江苏农业科学,2014,42(8):437-440.

# 基于投影寻踪模型的循环型农业评价研究 ——以黑龙江省为例

马国勇,陈 红,田仲富,蔺志虹

(东北林业大学经济管理学院,黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要:**对循环型农业的发展进行评价不仅能反映循环型农业的发展水平和运行效果,也能为进一步完善循环型农业的发展提供科学依据。本研究在循环经济“3R 原则”基础上,引入“可控制化”因素,构建了包括经济社会发展、资源减量投入、资源循环利用、资源环境安全和农业生态可控化 5 大维度 24 个单项指标的评价体系,基于投影寻踪模型对黑龙江省 2010—2012 年的循环型农业发展进行评价研究。研究结果显示,从整体来看,黑龙江省循环型农业发展水平显著提高,并且农业生态可控化的重要性越来越凸显;从省内 13 个行政区域来看,哈尔滨、齐齐哈尔和大庆的循环型农业发展水平逐渐提高,而鸡西、鹤岗、双鸭山和七台河的循环型农业发展有一定的提升,但相对缓慢。

**关键词:**循环经济;循环型农业;投影寻踪;评价体系;黑龙江省;可控性

**中图分类号:** F323      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2014)08-0437-04

循环经济作为能够协调经济、资源、生态和环境之间关系的经济发展模式,是实现经济增长方式转变和深化体制改革的本质要求,已经成为经济可持续发展的必然选择。农业作为国民经济和社会发展的根本,面临着生态、资源和环境等方面的多重挑战,这已经成为制约农业可持续性健康发展的主要因素。将循环经济理论运用于农业发展实践,能够将农业发展、资源与生态有机地结合起来,从而更加科学合理地利用资源和保护生态环境,实现农业可持续发展。发展循环型农业,既是我国从传统农业向现代农业转变的重大需求,也是我国构建和谐社会、新时期解决“三农”问题的重要内容。而对循环型农业发展进行科学评价,既能把握其发展状态、发展阶段和运行效果,又能为政府和决策部门提供循环型农业发展的相关信息,因此,研究循环型农业评价问题,具有重要的理论意义和现实价值。

现有关于循环型农业评价的研究大多遵循“评价对象—评价指标构建—评价方法—实证评价”的研究范式,丰富了循环型农业理论,促进了循环型农业的实践。在研究对象方面,现有研究主要集中于 2 个层面:(1)区域层面,试图对特定区域的循环型农业发展阶段和发展效果进行评价,以期认识该区域的发展水平,或进行区域间循环型农业发展状况的对比研究。较有代表性的研究有:孙建卫等以 1985—2005 年的相关数据对南京市的农业循环经济发展进行了评价<sup>[1]</sup>,贾士靖等以 1991—2005 年相关数据对河北省农业循环经济发展水平进行了评价<sup>[2]</sup>,吴开亚对巢湖流域 1990—2004 年的农业循环经济发展进行了描述性和综合性评价<sup>[3]</sup>,那伟等以 1990—2008 年相关指标数据对吉林省农业循环经济发展水

平进行综合评价<sup>[4]</sup>,马丁丑等以 2000—2009 年数据对甘肃省农业循环经济发展水平和质量进行了评价研究<sup>[5]</sup>等。(2)产业发展模式层面,试图寻找符合循环型农业发展原则和发展方向的特定发展模式,推广较为成功的发展模式,以期避免发展盲目性。如王瑞波等对北京市板栗产业循环农业模式的经济效益、社会效益和生态效益进行了评价研究,为板栗产业循环农业模式的选择和推广提供了有益的参考<sup>[6]</sup>;刘华周等对苏南稻麦两熟制农业循环清洁生产模式进行了评价研究<sup>[7]</sup>;梁龙等对湖南省某循环鸭业产业进行了实证性评价研究<sup>[8]</sup>;李渝等对贵州猪—沼—粮、菜(果)规模化养殖场循环农业模式的评价研究<sup>[9]</sup>;钟珍梅等对以沼气为纽带的种养结合农业循环模式进行了评价研究<sup>[10]</sup>,等等。

在评价方法上,现有研究主要采用层次分析法、主成分分析法、数据包络分析法、灰色关联度分析法和模糊综合分析法;但是,层次分析法和灰色关联度分析法指标权重的确定根据专家经验打分获得,具有主观性;而主成分分析法的重要主成分必须达到较高的贡献率才具备解释意义;数据包络分析法虽然确定指标权重时避免了主观因素的影响,但是可能导致决策单元间无法进行对比的情况;模糊综合分析法在对指标数据进行处理时会出现指标失信的情况。因此,现有关于循环型农业发展的评价方法存在一定缺陷,这限制了研究结果的解释能力和说服力。

在评价指标构建方面,大多学者们遵循循环经济的“减量化、再利用、再循环”3R 原则,构建了包括经济社会发展、资源减量投入、资源循环利用和资源环境安全 4 大指标,还有的学者将科技进步贡献<sup>[11]</sup>加入评价指标体系。而在实践中,循环型农业发展不仅要遵循“3R”原则,同时还要关注农业有害生物的生态控制技术和污染物监控技术<sup>[12]</sup>,因此将“可控性”因素引入循环型农业评价指标构建,是目前相关研究中较为鲜见的。

本研究拟运用投影寻踪模型对黑龙江省循环型农业发展进行评价,从方法上克服现有研究的不足,从评价指标设计上

收稿日期:2014-04-22

基金项目:黑龙江省教育厅人文社会科学研究项目(编号:11513019)。

作者简介:马国勇(1980—),男,黑龙江大庆人,博士,讲师,研究方向为循环经济、农业经济。E-mail:374183628@qq.com。

将“可控性”考量引入指标构建体系,以期对黑龙江省循环型农业发展水平进行科学评价,并对黑龙江省 13 个行政区域的循环型农业发展水平进行对比。

1 循环型农业及评价指标体系构建

1.1 循环型农业

循环型农业是循环经济理念在农业中的具体运用,目前学术界还没有统一的定义,学者们分别从各自的角度提出了对循环型农业的认识,较有代表性的观点有:周震峰等认为,循环型农业是循环经济理论、可持续发展思想和生态工程学相结合,通过调整和优化农业生态结构和产业结构、提高农业系统的资源多级循环利用等方式,以保护农业生态环境、实现农业生态良性循环和可持续发展为目的的农业发展模式<sup>[13]</sup>;尹昌斌等认为循环农业是运用可持续发展理论、循环经济理论,通过农业产业结构的调整和技术创新,提高资源的多级循环利用,倡导清洁生产,最大限度地减轻对环境和生态的破坏,实现农业生态良性循环的全新理念和策略<sup>[14]</sup>;杨文等认为循环农业是运用可持续思想、循环经济理论和生态工程学,通过调整农业生态结构和产业结构,控制非再生资源投入和有害物质投入,尽量减少对环境不良影响的产出,以促进农业生态可持续发展<sup>[15]</sup>。

虽然学者们的具体表述迥异,但是对循环型农业本质的认识在以下 4 方面大体相同:(1)循环型农业涉及经济学、生态学、生物工程技术 and 环境科学等多种学科门类和技术;(2)强调农业与生态环境的协调共生,注重经济效益、社会效益和生态效益的统一,最终实现农业可持续发展;(3)遵循循环经济的减量化、再循环和再利用的“3R 原则”;(4)侧重于农业产业结构和生态结构的生态化循环化调整。借鉴现有文献的

研究成果,本文将循环型农业界定为实现农业生态良性循环和农业可持续发展,在循环经济理论、可持续发展理论、生态学和生态工程理论等相关理论的指导下,通过调整农业产业结构和农业系统生态结构,提高资源的多级循环利用水平,减少对资源和生态环境的破坏的动态农业发展模式。

1.2 指标体系框架设计

根据学者们关于循环型农业评价指标体系构建的研究成果,在循环经济“3R 原则”基础上,本研究借鉴文献[12]提出的“可控制化原则”,提出包括 5 大方面的循环型农业发展评价指标体系:(1)经济社会发展指标,用于衡量循环型农业的经济效益和社会效益,包括单位面积产值、农民人均纯收入、恩格尔系数、单位面积农机总动力和农林牧渔业商品率;(2)资源减量投入指标,以反映农业系统物质投入减量状况,包括单位面积化肥施用量、单位面积农药施用量、单位面积农膜用量和单位面积农业耗水强度;(3)资源循环利用指标,用以反映农业物质高效利用程度和多级循环利用程度,包括复种指数、畜禽粪便循环利用率、农村生活垃圾资源率、秸秆利用率和沼气利用率;(4)资源环境安全指标,体现农业经济活动对资源、生态和环境的影响程度,包括人均耕地面积、森林覆盖率、有效灌溉系数、化肥残留率和农药残留率;(5)农业生态可控化指标,反映对农业系统排放的有害、有毒物质的技术可控制化程度,包括残留农药微生物降解投入、重金属污染消减技术投入、有害物质阻断技术投入、农业 CH<sub>4</sub> 控制技术投入和农业 N<sub>2</sub>O 控制技术投入(表 1)。

2 投影寻踪模型

投影寻踪模型能够将高维空间数据投影到低维子空间,通过分析低维子空间的数据特性来反映高维空间数据结构和

表 1 循环型农业发展评价指标体系

指标	功能	单项指标	单位
经济社会发展指标	衡量循环型农业的经济效益和社会效益	单位面积产值 $x_1$	元/hm <sup>2</sup>
		农民人均纯收入 $x_2$	元/人
		恩格尔系数 $x_3$	%
		单位面积农机总动力 $x_4$	kW/hm <sup>2</sup>
		农林牧渔业商品率 $x_5$	%
资源减量投入指标	反映农业系统物质投入减量状况	单位面积化肥施用量 $x_6$	kg/hm <sup>2</sup>
		单位面积农药施用量 $x_7$	kg/hm <sup>2</sup>
		单位面积农膜用量 $x_8$	kg/hm <sup>2</sup>
		单位面积农业耗水强度 $x_9$	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
		复种指数 $x_{10}$	%
资源循环利用指标	反映农业物质高效利用程度和多极化循环利用程度	畜禽粪便循环利用率 $x_{11}$	%
		农村生活垃圾资源率 $x_{12}$	%
		秸秆利用率 $x_{13}$	%
		沼气利用率 $x_{14}$	%
		人均耕地面积 $x_{15}$	hm <sup>2</sup> /人
资源环境安全指标	体现农业经济活动对资源、生态和环境的影响程度	森林覆盖率 $x_{16}$	%
		有效灌溉系数 $x_{17}$	%
		化肥残留率 $x_{18}$	%
		农药残留率 $x_{19}$	%
		残留农药微生物降解投入 $x_{20}$	元
农业生态可控化指标	反映对农业系统排放的有害、有毒物质的技术可控制化程度	重金属污染消减技术投入 $x_{21}$	元
		有害物质阻断技术投入 $x_{22}$	元
		农业 CH <sub>4</sub> 控制技术投入 $x_{23}$	元
		农业 N <sub>2</sub> O 控制技术投入 $x_{24}$	元

特性,最终实现对高维空间数据的研究。该模型自提出起,一直作为处理高维数据的有效统计方法,用于很多领域<sup>[16]</sup>。

### 2.1 指标样本数据归一化处理

假设存在  $n$  样本、 $m$  个指标,用  $x_{ij}^*$  代表第  $i$  个样本的第  $j$  个指标原始数据,则评价样本数据集为  $\{x_{ij}^* | i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m\}$ 。为消除指标量纲对数据分析的影响,需要对指标原始数据进行归一化处理,以实现指标数值的无量纲化。本研究采取极值归一化方法:

对于效益型指标(即指标数值越大越好),归一化数值采取如下公式处理:

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}^* - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}; \quad (1)$$

对于成本型指标(即指标数值越小越好),归一化数值采取如下公式处理:

$$x_{ij} = \frac{\min(x_j) - x_{ij}^*}{\max(x_j) - \min(x_j)}。 \quad (2)$$

其中,  $\min(x_j)$  和  $\max(x_j)$  分别为第  $j$  个指标原始数据在  $n$  样本中的最小值和最大值。

### 2.2 投影指标函数构造

本研究把高维空间降至一维空间,假定第  $i$  个样本的  $m$  维指标投影方向(即投影权重)的一维投影向量为  $A_i = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ , 则第  $i$  个样本的一维投影综合值为:

$$z_i = A_i \cdot (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})^T = \sum_{j=1}^m a_j x_{ij}。 \quad (3)$$

其中,  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}$  分别为第  $i$  个样本  $m$  维指标归一化数据,  $|a_j| \leq 1$  ( $a_j$  表示任一样本投  $m$  维指标权重)。

借鉴刘国联等<sup>[17]</sup>、楼际通等<sup>[18]</sup>在投影寻踪模型研究时关于投影点团间尽可能分散、而投影点团内尽量密集的经验,本文样本一维投影指标函数表示为该样本投影综合值的标准差与其局部密度二者乘积,即

$$Q = S_z \cdot D_z。 \quad (4)$$

其中,  $S_z$  为样本投影综合值的标准差,计算公式为  $S_z =$

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [z_i - E(z)]^2}{n-1}}, E(z) \text{ 为样本一维投影综合值的平均值, } z_i$$

为第  $i$  个样本投影综合值,  $n$  为样本数。  $D_z$  为样本投影综合值的局部密度,计算公式为  $D_z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \{ [R - r_{ij}] \cdot u[R - r_{ij}] \}$ ,  $r_{ij}$  为样本间一维投影综合值间的距离,  $r_{ij} = |z_i - z_j|$ ;  $R$  为局部密度窗口半径,取值范围一般为  $[man(r_{ij} + m/2, 2m)]$ ;

而  $u[R - r_{ij}]$  满足如下条件:  $u[R - r_{ij}] = \begin{cases} 1 & R - r_{ij} \geq 0 \\ 0 & R - r_{ij} < 0 \end{cases}$ 。

### 2.3 优化及评价

为能够对比分析出某高维数据的特性,可以用数据分散程度和密集程度来反映,本研究采用二者之积构建一维投影指标函数(4)式,所以为更大可能地突出高维数据的结构特征,投影综合值的标准差与其局部密度之积应该寻求最大。而当样本指标原始数据确定后,“2.2”节中的一维投影指标函数数值取决于  $m$  维指标投影方向(即投影权重)的一维投影向量  $A_i = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ 。因此,构建如下优化投影函数:

$$\max Q = S_z \cdot D_z; \quad (5)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum_{i=1}^m a_i^2 = 1 \\ |a_j| \leq 1 \end{cases}。 \quad (6)$$

通过(5)式与(6)式构成的优化方程进行求解,能获得实现一维投影指标函数值最大的一维指标向量,将其带入一维投影综合值(3)式,然后根据所得一维投影综合值对目标样本进行评价分析。

## 3 实证研究——以黑龙江省为例

### 3.1 指标数据收集

黑龙江省是全国耕地面积最多的农业大省,也是全国粮食总产量超千亿斤(0.5 亿 kg)的产粮大省,绿色产品认证数量和种植面积均居全国首位,因此,发展黑龙江省的循环型农业不仅对于黑龙江省的经济发展和经济转型具有重要意义,对于我国新时期确保粮食安全、解决“三农”问题、进一步深化经济体制改革也具有十分重要的战略意义。因此,选择以黑龙江省循环型农业为评价对象。

在数据收集集中,通过《中国统计年鉴》(2010—2012)、《中国农业统计年鉴》(2010—2012)和《黑龙江省统计年鉴》(2010—2012)获得指标原始数据,包括黑龙江省及所辖 13 个行政区域的相关指标数据,以此作为分析和处理的基础。

### 3.2 分区域的投影寻踪综合评价分析

根据前述投影寻踪模型求解投影值的逻辑,可以确定样本的投影值,以此作为评判循环型农业发展水平的依据。其判别标准为:投影值越大,表明该区域的循环型农业发展水平越高;投影值越小,表明该区域的循环型农业发展水平越低。

通过对 2010 年、2011 年和 2012 年黑龙江省 13 个行政区域的相关指标数据进行标准化处理和寻踪投影模型计算,获得 13 个行政区域的循环型农业发展评价指标的投影值(表 2)。由表 2 可知,在横截面数据方面,2010 年哈尔滨、伊春、绥化、齐齐哈尔、大庆、牡丹江和大兴安岭的循环型农业发展水平较高,而鸡西、鹤岗、双鸭山、佳木斯和七台河的循环型农业发展水平较低;2011 年哈尔滨、大庆、齐齐哈尔、牡丹江、绥化和大兴安岭的循环型农业发展水平较高,其他地区相对较低;2012 年哈尔滨、齐齐哈尔、大庆、伊春、绥化和牡丹江的循环型农业发展水平较高。在时间序列数据方面,哈尔滨、齐齐哈尔和大庆的循环型农业发展水平逐渐提高,这体现了当地对循环型农业发展模式的重视,也体现了循环经济思想运用于农业发展中政策的制定较为科学,政策的落实较好;鸡西、鹤岗、双鸭山和七台河的循环型农业发展有一定的提升,但相对缓慢,这可能与这几个城市为资源型城市有关。

### 3.3 全区域的投影寻踪综合评价分析

根据投影寻踪模型计算确定评价指标对评价结果的影响系数,如表 3 所示,2010 年、2011 年和 2012 年,黑龙江省循环型农业评价单项指标  $x_1, x_2, x_3, x_6, x_9, x_{10}, x_{14}, x_{15}, x_{16}$  对评价结果的影响程度逐渐下降,  $x_{12}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}$  对评价结果的影响程度逐渐上升,  $x_4, x_5, x_7$  和  $x_8$  的影响程度先下降后上升,而  $x_{11}$  和  $x_{13}$  的影响程度先上升后下降。可以看出,循环型农业发展评价中农业生态可控化方面的单项指标影响程度逐渐增强,说明在发展循环型农业过程中,在遵循“3R 原则”的基础上,对农业生产进行生态控制和生物防治是

表 2 2010 年、2011 年和 2012 年黑龙江省 13 个行政区域  
循环型农业发展评价结果

行政区域	2010 年		2011 年		2012 年	
	投影值	排名	投影值	排名	投影值	排名
哈尔滨	3.379 2	1	3.948 0	1	3.999 8	1
齐齐哈尔	1.078 1	4	1.562 7	3	1.876 5	2
鸡西	-0.542 3	12	0.041 5	13	0.096 2	12
鹤岗	-0.237 6	10	0.078 5	12	0.082 6	13
双鸭山	-0.348 9	11	0.118 7	10	0.125 7	11
大庆	0.967 8	5	1.736 6	2	1.776 2	3
伊春	3.105 4	2	0.322 3	9	1.120 3	4
佳木斯	-0.865 2	13	0.499 8	8	0.875 1	8
七台河	-0.016 9	9	0.107 3	11	0.402 5	10
牡丹江	0.845 1	6	0.898 7	4	1.082 6	6
黑河	0.358 7	8	0.523 5	7	0.934 5	7
绥化	1.115 7	3	0.784 5	5	1.098 7	5
大兴安岭	0.842 5	7	0.657 7	6	0.459 6	9

表 3 黑龙江省循环型农业指标最佳投影方向

变量	投影方向		
	2010 年	2011 年	2012 年
$x_1$	0.265 9	0.176 8	0.085 1
$x_2$	0.225 8	0.154 8	0.105 3
$x_3$	0.221 6	0.103 2	0.025 7
$x_4$	0.248 7	0.157 9	0.306 2
$x_5$	0.123 6	0.095 1	0.099 7
$x_6$	0.567 1	0.359 7	0.256 8
$x_7$	0.482 5	0.348 7	0.502 1
$x_8$	0.365 7	0.324 8	0.524 6
$x_9$	0.332 9	0.284 1	0.220 7
$x_{10}$	0.362 7	0.213 5	0.109 2
$x_{11}$	0.201 8	0.264 7	0.105 6
$x_{12}$	0.193 6	0.221 8	0.296 7
$x_{13}$	0.186 4	0.354 5	0.203 1
$x_{14}$	0.179 8	0.132 1	0.002 0
$x_{15}$	0.125 7	0.112 4	0.091 8
$x_{16}$	0.120 3	0.100 8	0.086 5
$x_{17}$	0.116 5	0.217 6	0.287 7
$x_{18}$	0.321 5	0.400 9	0.578 4
$x_{19}$	0.302 8	0.372 5	0.422 5
$x_{20}$	0.286 5	0.336 8	0.657 4
$x_{21}$	0.273 2	0.321 9	0.598 6
$x_{22}$	0.246 3	0.298 6	0.601 7
$x_{23}$	0.228 5	0.302 8	0.556 1
$x_{24}$	0.211 2	0.321 5	0.502 7

实现农业循环可持续发展的重要一环,因此,目前黑龙江省十分重视对病虫害等进行生物防治和生态控制的环境友好技术的应用,同时也注重对温室气体及有害有毒物质的减控技术。而单位面积化肥施用量、单位面积农膜用量、化肥残留率和农药残留率对评价结果影响程度的增强,显示了农业物质高效循环利用和减量技术的重要性。

4 结语

本研究采用投影寻踪模型对 2010 年、2011 年和 2012 年黑龙江省(包括 13 个行政区域)的循环型农业发展水平进行了评价分析,结论如下:从黑龙江省整体来看,循环型农业发展水平显著提高,并且农业生态可控化的重要性越来越凸显,同时化肥施用与残留、农药投入与残留、农膜使用与残留等指

标的影响程度也较为显著;从黑龙江省 13 个行政区域的循环型农业发展对比分析来看,2010 年哈尔滨、伊春、绥化、齐齐哈尔、大庆、牡丹江和大兴安岭的循环型农业发展水平较高,而鸡西、鹤岗、双鸭山、佳木斯和七台河的循环型农业发展水平较低;2011 年哈尔滨、大庆、齐齐哈尔、牡丹江、绥化和大兴安岭的循环型农业发展水平较高,其他地区相对较低;2012 年哈尔滨、齐齐哈尔、大庆、伊春、绥化和牡丹江的循环型农业发展水平较高。在时间序列数据方面,哈尔滨、齐齐哈尔和大庆的循环型农业发展水平逐渐提高,而鸡西、鹤岗、双鸭山和七台河的循环型农业发展有一定的提升,但相对缓慢。

本文将投影寻踪模型运用于循环型农业评价研究,从研究方法上既克服了传统方法中指标权数主观因素的影响,又简化了数据的处理过程,是对循环型农业评价研究的有益探索;但是,本研究在评价指标选取方面仍需进一步完善。

参考文献:

[1] 孙建卫,黄贤金,马其芳. 基于灰色关联分析的区域农业循环经济发展评价——以南京市为例[J]. 江西农业大学学报,2007,29(3):508-512.

[2] 贾士靖,刘银仓,王慧军. 基于指标体系的河北省农业循环经济发展评价[J]. 中国生态农业学报,2008,16(5):1230-1233.

[3] 吴开亚. 巢湖流域农业循环经济综合评价[J]. 中国人口·资源与环境,2008,18(1):94-98.

[4] 那伟,祝延立,庞凤仙,等. 吉林省农业循环经济发展评价及优化对策研究[J]. 农业现代化研究,2011,32(2):209-212.

[5] 马丁丑,王文略,马丽荣. 甘肃农业循环经济发展综合评价和制约因素诊断及对策[J]. 农业现代化研究,2011,32(2):204-208.

[6] 王瑞波,兰彦平,周连第. 北京市山区板栗产业循环农业模式效益综合评价[J]. 农业技术经济,2010(5):85-91.

[7] 刘华周,陈海霞,张岳芳,等. 苏南稻麦两熟制农田循环清洁生产模式评价[J]. 江苏农业学报,2010,26(6):1395-1401.

[8] 梁龙,陈源泉,高旺盛. 基于生命周期的循环农业系统评价[J]. 环境科学,2010(11):2795-2803.

[9] 李渝,蒋天明,陶宇航. 猪-沼-粮、菜(果)循环农业模式能值分析[J]. 贵州农业科学,2011,39(1):148-151.

[10] 钟珍梅,黄勤楼,翁伯琦,等. 以沼气为纽带的种养结合循环农业系统能值分析[J]. 农业工程学报,2012,28(14):196-200.

[11] 王丽静,刘秀艳. 循环农业评价体系的构建及应用——以邯郸市为例[J]. 经济问题,2013(12):80-83.

[12] 高旺盛,陈源泉,梁龙. 论发展循环农业的基本原理与技术体系[J]. 农业现代化研究,2007,28(6):731-734.

[13] 周震峰,王军,周燕,等. 关于发展循环型农业的思考[J]. 农业现代化研究,2004,25(5):348-351.

[14] 尹昌斌,唐华俊,周颖. 循环农业内涵、发展途径与政策建议[J]. 中国农业资源与区划,2006,27(1):4-8.

[15] 杨文,李世平. 宁夏农业循环经济发展水平评价[J]. 农业技术经济,2008(6):101-105.

[16] 柳玉鹏,李一军. 基于降维思想的客观组合评价模型[J]. 运筹与管理,2009,18(4):38-43.

[17] 刘国联,谭冠政,何燕,等. 基于改进的人工免疫算法的函数优化[J]. 计算机仿真,2008,25(7):162-165.

[18] 楼际通,楼文高,余秀荣. 商业银行个人信用风险评价的投影寻踪建模及其实证研究[J]. 经济数学,2013,30(4):26-32.