

■ 经济研究

基于灰色关联的两型农业科技创新测度研究

刘红峰¹, 刘惠良²

(1. 湖南科技大学 管理学院; 2. 湖南科技大学 马克思主义学院 湖南 湘潭 411201)

摘要: 基于全国 31 个省、市、区两型农业科技创新现状的数据, 运用灰色关联分析法, 在构建完整的两型农业科技创新测度与评价指标体系基础上, 划分华北、华中、西南、西北、华东、东北六大区域, 对其两型农业科技创新的资源系统、制度环境系统、运行系统、产出能力系统、资源节约系统与环境友好系统等六个子系统的 71 个指标来计量分析, 得出区域性两型农业科技创新的系统状态与协同演化的发展路径。

关键词: 两型农业科技创新; 测度与评价; 灰色关联分析法

中图分类号: F32 文献标志码: A 文章编号: 1672-7835(2014)01-0102-09

Measurement and Evaluation of Technological Innovation of “Resource – saving and Environment – friendly” Agriculture: Based on Gray Correlation Analysis

LIU Hong-feng¹ & LIU Hui-liang²

(1. School of Management, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2. School of Marxism Studies, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: Based on the status quo of the technological innovation of “resource – saving and environment – friendly” agriculture among China’s 31 provinces, cities, and municipalities, this paper, by using the method of Gray Correlation Analysis, builds a complete measurement and evaluation indicators of technological innovation of “resource – reserving and environment – friendly” agriculture, divides the whole country into 6 parts, i. e. northern, central, southwest, northwest, eastern and northeast parts, in which it analyzes the 71 indicators of the six sub – systems, i. e. resources system, institutional environment system, operating system, output capacity system, resource – saving system, and environment – friendly system. It concludes the system state of “resource – saving and environment – friendly” agriculture and the developmental path of its co – evolution.

Key words: technological innovation of “resource – saving and environment – friendly” agriculture; measurement and evaluation; Gray Correlation Analysis

俗云“民以食为天”、“猪粮安天下”。2013 年中央一号文件《关于加快发展现代农业进一步增强

① 收稿日期: 2013-04-10

基金项目: 国家社科基金重大项目(08&ZD029); 湖南新型工业化研究基地开放式项目基金(E41209); 湖南省社科基金(12YBA138); 湖南科技大学博士研究基金(E51206)

作者简介: 刘红峰(1975-)男, 湖南湘乡人, 博士, 讲师, 主要从事农业经济研究。

农村发展活力的若干意见》中指出:要加大农村改革力度、政策扶持力度、科技驱动力度。标志着围绕现代农业建设的总体目标,将着力构建集约化、专业化、组织化、社会化相结合的新型农业经营体系。两型农业科技创新生产系统在推动国家农业经济改革、农业经济增长、经济结构转型与永续性发展中具有战略地位。国内外学术界对科技创新促进经济增长与经济发 展的定量测度研究已经积累了许多重要经验。1927 年,美国芝加哥大学数学家柯布(C. W. Cobb)和经济学家道格拉斯(P. H. Douglas)提出生产函数理论用来描述产出量与投入量之间关系的理论和方法被学术界广泛运用。1957 年,美国经济学家索罗(R. M. Solow)将 CD 生产函数中技术进步在经济增长中作用进行了定量分离,从而对 CD 生产函数作出了重要改进。因此,1987 年,索罗获得了诺贝尔经济学奖^[1]。1961 年,美国经济学家肯德里克在出版的《美国生产要素发展趋势》中提出了全要素概念,即“增长余值”为“经济增长中不能被要素投入增长解释的部分”。胡鞍钢(2008)认为我国只有提高全要素生产率增长率,经济增长才能持续^[2]。张雄辉(2009)估算了我国广义技术进步率(全要素生产率),认为技术进步在改革开放初期对经济增长的贡献甚至表现出了反向作用,原因是科技创新在提高生产效率的同时可能对资源、生态等持续发展其所有要素造成耗损^[3]。本文通过对资源节约与环境友好(以下简称“两型”)农业科技创新进步整体性、系统性、区域性协同研究,对全要素生产函数的表现形式、参数设计、指标遴选等方面在应用生产函数作定量测度农业科技创新时,经济前提假设、生态环境要素持续假设、资源要素持续假设、以及数学模型上实现的约束条件在生态环境、资源节约、经济增长中的协同作用。

一 建立评价对象的相关指标体系

两型农业科技创新系统测度是指在科学、定性、定量研究工作中构建客观、可信的评价指标体系,把复杂的农业科技创新系统的创新、生产、经济、社会、生态相耦合的有机过程统一起来,其实质是构建科技创新-生产-经济-社会-生态复合系统^[4]。因此,本研究在全面理解“两型农业科技创新”科学内涵的基础上,提出衡量“两型农业科技创新”综合评价指标系统的四个层级分析框架(第一层级为目标层,第二层级为系统层,分为五个指标系统,第三层为层次级,共设置 14 个指标,第四层指标级设 71 个指标)及相应的指标与参数假设。

二 利用层次分析法研究权重

研究中对指标遴选、指标赋值、权重假设主要依据中国统计年鉴的统计口径,结合统计趋势判断,注重田野作业实际调查。首先挑选出所有两型农业科技创新的相关指标,请业内专家主观打分;然后对指标进行质疑、重新组合;征询第三方专家意见;接着统计处理;再反馈咨询结果。反复设计上述分析过程,最终确定出具体系统的评价指标、权重及参数范畴,并对确定的指标进行一致性可信度检验。

系统的层级分析与指标赋值主要是采用模糊与灰色关联度研究,综合评价总指数越高,说明综合发展情况越好;反之,亦然^[5]。

通过对系统研究中所有原始数据的分析及经验性主观判断,根据相对重要性构造判断矩阵,分别对各层级(系统级、层次级、指标级)的指标进行权数测算,得出 AHP 运算结果如下:

评价指标 X_n ($n=1, 2, \dots, 6$) 的权重向量为 $V=(0.152, 0.214, 0.351, 0.142, 0.098, 0.087)$; 评价指标 X_{1m} ($m=1, 2, 3$) 的权重向量为 $V_1=(0.230, 0.472, 0.326)$; 评价指标 X_{2m} ($m=1, 2, 3$) 的权重向量为 $V_2=(0.313, 0.542, 0.246)$; 评价指标 X_{3m} ($m=1, 2$) 的权重向量为 $V_3=(0.516, 0.276)$; 评价指标 X_{4m} ($m=1, 2$) 的权重向量为 $V_4=(0.283, 0.620)$; 评价指标 X_{5m} ($m=1, 2$) 的权重向量为 $V_5=(0.613, 0.249)$; 评价指标 X_{6m} ($m=1, 2$) 的权重向量为 $V_6=(0.602, 0.349)$; 评价指标 X_{11y} ($y=1, 2, 3, 4$) 的权重向量为 $V_{11y}=(0.320, 0.501, 0.421, 0.530)$; 评价指标 X_{12y} ($y=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$) 的权重向量为 $V_{12y}=(0.190, 0.305, 0.524, 0.280, 0.197, 0.538, 0.764, 0.389)$; 评价指标 X_{13y} ($y=1, 2, 3, 4, 5, 6$) 的权重向量为 $V_{13y}=(0.502, 0.347, 0.603, 0.389, 0.724, 0.192)$; 评价指标 X_{21y} ($y=1, 2, 3, 4$) 的权重向量为 $V_{21y}=(0.502, 0.347, 0.603, 0.389, 0.724, 0.192)$

表1 我国两型农业科技创新评价指标

序号	目标级	系统级	层次级	指标级	指标性质
1		两型	创新机构与	研究机构数量、分布情况(X_{111}) (个)	正
2		农业	人员资源育	农业科技人员、科学家、工程师总数(X_{112}) (个)	正
3		科技	化(X_{11})	农业科技人员、科学家、工程师比例(X_{113}) (%)	正
4		创新		农业科技人员、科学家、工程师素质(X_{114}) (%)	正
5		资源	创新经费与	科学家、工程师人均研究经费(X_{121}) (元)	正
6		系统(X_1)	基础物质资	两型农业科研与发展总经费(X_{122}) (亿元)	正
7			源育化(X_{12})	农业人口平均研究与发展经费(X_{123}) (元)	正
8				两型科技支出占GDP比重(X_{124}) (%)	正
9				研究与发展经费占GDP比重(X_{125}) (%)	正
10				经费来源分布(X_{126}) (亿元)	正
11				仪器设备总额(X_{127}) (亿元)	正
12				科技图书册数与科技信息数据库数量(X_{128})	正
13			创新保障基	科技人员人均纯收入(X_{131}) (元)	正
14			础资源育化	科技人员人均GDP(X_{132}) (元)	正
15			(X_{13})	农业从业人员人均生活消费支出(X_{133}) (元)	正
16	两			农业从业人员人均纯收入(X_{134}) (元)	正
17	型			农业从业人员人均GDP(X_{135}) (元)	正
18	农			一、二、三产业占GDP的比重(X_{136}) (%)	正
19	业	两型	科技法规、政	宏观政策措施的强度和有效性(X_{211}) (%)	正
20	科	农业	策育化(X_{21})	产业结构调整幅度指数(X_{212}) (%)	正
21	技	科技		政策的连续性与完整性(X_{213}) (%)	正
22	创	创新		有关法律法规的完整性(X_{214}) (%)	正
23	新	制度	科技体制创	两型农业科技计划的强度(X_{221}) (%)	正
24	体	环境	新育化(X_{22})	科技市场建设状况力度(X_{222}) (%)	正
25	系	系统(X_2)	创新教育系	农业院校和科研院所培养学生数(X_{231}) (个)	正
26	水		统育化(X_{23})	农业从业人员科技文化素质情况(X_{232}) (%)	正
27	平	两型	公共与私人	两型农业科技课题分布情况(X_{311})	正
28		农业	科研分作运	公共创新部门合作研究情况(X_{312})	正
29		科技	行系统育化	私人创新部门合作研究情况(X_{313})	正
30		创新	(X_{31})	合作研究课题(X_{314}) (个)	正
31		运行		合作专利(X_{315}) (个)	正
32		系统		合作论文(X_{316}) (篇)	正
33		(X_3)	科技创新运	私人利用公共创新部门专利合作率(X_{321}) (%)	正
34			行效率育化	两型科技信息共享率(X_{322}) (%)	正
35			(X_{32})	企业、高等院校和科研机构之间的合作研究率(X_{323}) (%)	正
36				专业人员在企业、高等院校和研究机构的流动率(X_{324}) (%)	正
37				企业间研究与发展合作率(X_{325}) (%)	正
38				行业协会、民间组织合作率(X_{326}) (%)	正
39				两型农业科技资源共享率(X_{327}) (%)	正
40				两型农业科技利用率(X_{328}) (%)	正
41				两型农业科技播散率(X_{329}) (%)	正

42	两型	理论成果产	创新系统覆盖地区农业科技进步贡献率(X_{411}) (%)	正
43	农业	出育化	论文总数和论文学科分布(X_{412}) (篇)	正
44	科技	(X_{41})	发明专利数量(X_{413}) (个)	正
45	产出		综合科技进步水平指数(X_{414})	正
46	能力	经济社会应	植物品种贸易额变化率(X_{421}) (%)	正
47	系统	用成果产出	两型科技创新成果贸易额变化率(X_{422}) (%)	正
48	(X_4)	育化(X_{42})	两型农产品贸易额变化率(X_{423}) (%)	正
49			人均第一产业固定资产投资(X_{424}) (万元)	正
50			单位耕地面积产出量(X_{425}) (吨/公顷)	正
51			单位耕地面积农机总动力(X_{426}) (千瓦/公顷)	正
52			单位播种面积化肥施用折纯量(X_{427}) (吨/公顷)	正
53			农业经济增长率(X_{428}) (%)	正
54			高新技术产业持续性增加值增长率(X_{429}) (%)	正
55	两型农业	资源节约育	两型科技农业节水率(X_{511}) (%)	正
56	科技	化(X_{51})	两型科技农业节地率(X_{512}) (%)	正
57	资源节约		两型科技农业节能率(X_{513}) (%)	正
58	系统(X_5)		两型科技农业节约劳动率(X_{514}) (%)	正
59		资源利用育	两型科技农业企业原材料利用率(X_{521}) (%)	正
60		化(X_{52})	农业废弃物的资源化利用率(X_{522}) (%)	正
61	两型农业	环境友好创	城市环境基础设施投资占 GDP 比重(X_{611}) (%)	正
62	科技	新投入育化	农村环境基础设施投资占 GDP 比重(X_{612}) (%)	正
63	环境友好	(X_{61})	环保科技创新投入率(X_{613}) (%)	正
64	系统(X_6)	环境友好创	水土流失治理率(X_{621}) (%)	正
65		新成果育化	区域性建成区绿化覆盖率(X_{622}) (%)	正
66		(X_{62})	人均公共绿地面积(X_{623}) (M ²)	正
67			城镇污水处理率(X_{624}) (%)	正
68			农村污水处理率(X_{625}) (%)	正
69			空气质量优化率(X_{626}) (%)	正
70			化肥、农药、农膜使用减少率及生物性替代率(X_{627}) (%)	正
71			土壤环保质量指数(X_{628})	正

(0.524 0.371 0.289 0.763); 评价指标 X_{21y} ($y = 1, 2$) 的权重向量为 $V_{21y} = (0.635, 0.701)$; 评价指标 X_{21y} ($y = 1, 2$) 的权重向量为 $V_{21y} = (0.276, 0.629)$; 评价指标 X_{31y} ($y = 1, 2, 3, 4, 5, 6$) 的权重向量为 $V_{31y} = (0.302, 0.278, 0.531, 0.801, 0.327, 0.638)$; 评价指标 X_{32y} ($y = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$) 的权重向量为 $V_{32y} = (0.401, 0.526, 0.468, 0.382, 0.647, 0.529, 0.900, 0.826, 0.571)$; 评价指标 X_{41y} ($y = 1, 2, 3, 4$) 的权重向量为 $V_{41y} = (0.342, 0.701, 0.531, 0.425)$; 评价指标 X_{42y} ($y = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$) 的权重向量为 $V_{42y} = (0.198, 0.513, 0.279, 0.389, 0.712, 0.803, 0.256, 0.219, 0.610)$; 评价指标 X_{51y} ($y = 1, 2, 3, 4$) 的权重向量为 $V_{51y} = (0.279, 0.438, 0.489, 0.437)$; 评价指标 X_{52y} ($y = 1, 2$) 的权重向量为 $V_{52y} = (0.342, 0.512)$; 评价指标 X_{61y} ($y = 1, 2, 3$) 的权重向量为 $V_{61y} = (0.421, 0.368)$; 评价指标 X_{62y} ($y = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$) 的权重向量为 $V_{62y} = (0.198, 0.208, 0.309, 0.701, 0.259, 0.342, 0.560, 0.713, 0.529)$ 。

三 两型农业科技创新评价——多层次灰色评价法

本研究选择多层次灰色评价方法进行分析。根据系统动态过程发展态势, 来判断其联系是否紧密。曲线越接近, 关联度就越大, 反之就越小。

(一) 构建层次结构模型

根据多层次灰色评价法分析,将两型农业科技创新评价指标系统分为4个层次:目标级(G)、一级(系统级)指标 $X_n (n=1, 2, \dots, n)$ 、二级(层次级)指标 $X_{nm} (n=1, 2, \dots, n; m=1, 2, \dots, m)$ 以及三级(指标级)指标 $X_{nmy} (n=1, 2, \dots, n; m=1, 2, \dots, m; y=1, 2, \dots, y)$ 。S代表受评对象的综合评价价值, X代表一级指标所 X_n 组成的集合, 记为 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$; X_n 代表二级指标 X_{nm} 所组成的集合, 记为 $X_n = \{X_{n1}, X_{n2}, \dots, X_{nm}\}$; X_{nm} 代表三级指标 X_{nmy} 所组成的集合, 记为 $X_{nm} = \{X_{nm1}, X_{nm2}, \dots, X_{nmy}\}$ 。

(二) 确定各层次评价指标权重

设计专家调查表,两两指标进行比较,构建判断矩阵,其中重要性相等的取5/5, 相对较强的取6/4, 相对强的取7/3, 相对很强的取8/2, 绝对强的取9/1, 其余介于两者之间的分别对应取5.5/4.5, 6.5/3.5, 7.5/2.5, 8.5/1.5等。列出个层面需要比较的指标的判断矩阵如表2所示。

表2 两两相对比较判断矩阵

G	X_1	X_2	X_3	...	X_n
X_1	1	A_{12}	A_{13}	...	A_{1n}
X_2	A_{21}	1	A_{23}	...	A_{2n}
X_3	A_{31}	A_{32}	1	...	A_{3n}
...
X_n	A_{n1}	A_{n2}	A_{n3}	...	1

求出判断矩阵相应于最大特征值的特征向量,归一化处理后得出权数。设一级指标对目标层的权数为 $A = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ (其中n为一级指标的个数), 二级指标对第i个一级指标的权重为 $A_n = (w_{n1}, w_{n2}, \dots, w_{nm})$ (其中m为第n个一级指标的二级指标个数), $A_{nm} = (w_{nm1}, w_{nm2}, \dots, w_{nmy})$ (其中:表示第nm个二级指标的三级指标个数)。

(三) 测度三级评价指标 w_{nmy} 等次

评价指标 w_{nmy} 中定性指标与定量指标并存;有些可比、有些不可比。为了消除指标间差异,通过确定评价指标评分等级标准来分析。如表3所示。

表3 两型农业科技创新系统指标评分等级标准

评分	5.0-4.0	4.0-3.0	3.0-2.0	2.0以下
评价指标	强	较强	中等	弱

(四) 专家评分测度

组织业内专家根据各指标实测值、经验值对系统各影响因素 w_{nmy} 的强弱打分,得出专家评分表。

(五) 计算样本评价矩阵

设p个评分专家, 指标 w_{nmy} 个数x个, 第q($q=1, 2, \dots, p$)个专家对指标 w_{nmy} 的评分为 A_{nmyq} , 受评对象 $m \times p$ 阶的评价样本矩阵D。

(六) 确定评价灰类

设评价灰类序号为b($b=1, 2, \dots, g$), 选取一定的白化权函数来描述灰类。

(七) 计算灰类系数

评价指标 w_{nmy} 属于第b个评价灰类的灰色评价系数记为 X_{nmyz} , 各评价灰类的总灰色评价系数记为 X_{nmy} , 则有:

$$X_{nmyd} = \sum f_d(D_{nmyq}) \quad q \in [1, p]$$

(八) 计算灰色评价权向量及权矩阵

所有专家对评价指标 X_{nmy} 主张第b个灰类的灰色评价权记为 R_{nmyd} , 则有 $R_{nmyd} = X_{nmyd} / X_{nmy}$ 。考虑到评价灰类有g个, 即 $d=1, 2, \dots, g$, 则评价指标 X_{nmy} 对于各灰类的灰色评价权向量为 $R_{nmy} = (R_{nmy1}, R_{nmy2}, \dots, R_{nmyg})$, 从而得到三级指标 X_{nmy} 对于各评价灰类的灰色评价权矩阵, 如下:

$$R_{nm} = \begin{matrix} r_{nm1} & r_{nm11} & r_{nm12} & \cdots & r_{nm1g} \\ r_{nm2} & r_{nm21} & r_{nm22} & \cdots & r_{nm2g} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{nmy} & r_{nmy1} & r_{nmy2} & \cdots & r_{nmyg} \end{matrix}$$

(九) 对 X_{nm} 作综合评价

其综合评价结果可记作 A_{nm} 则有 $A_{nm} = B_{nm} * R_{nm} = (A_{nm1}, A_{nm2}, \dots, A_{nmg})$ 。

(十) 对 X_n 作综合评价

由 X_n 的综合评价结果 A_{nm} 得 X_n 对于各评价灰类的灰色评价权矩阵为:

$$R_n = \begin{matrix} A_{n1} & a_{n11} & a_{n12} & \cdots & a_{n1g} \\ A_{n2} & a_{n21} & a_{n22} & \cdots & a_{n2g} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_{ny} & a_{ny1} & a_{ny2} & \cdots & a_{nyg} \end{matrix}$$

于是,可对 X_n 作综合评价,其综合评价结果记为 A_n 则有 $A_n = B_n * R_n = (A_{n1}, A_{n2}, \dots, A_{ng})$ 。

(十一) 对 X 作综合评价

由 X_n 的综合评价结果 A_n 得 X 对于各评价灰类的灰色评价权矩阵为:

$$R = \begin{matrix} A_1 & a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1g} \\ A_2 & a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2g} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_y & a_{y1} & a_{y2} & \cdots & a_{yg} \end{matrix}$$

于是,可对 X 作综合评价,其综合评价结果记为 A 则有 $A = B * R = (A_1, A_2, \dots, A_g)$ 。

最后,按取值最大原则确定受评对象所属灰类等级,计算综合评价值 $G = A * CT$ 。参考灰类等级,得出各区域两型农业科技创新整体状况评价结果。

四 基于灰色关联度的两型农业科技创新实证分析

本研究选取具体的样本对两型农业科技创新的发展状况进行实证分析。在样本选区上,确定拟选全国 31 个省、自治区、直辖市及自然地理位置形成的华北地区、东北地区、华东地区、华中地区、西南地区、西北地区等区域。由于各区域具体年份各区域两型农业科技创新评价流程的相似性,这里仅以华东地区 2009 年两型农业科技创新发展状况做具体评价分析。

(一) 评价样本数据的确定

根据在前面确定的两型农业科技创新的三级评价指标的评分等级标准,组织相应专家对华东地区 2009 年两型农业科技创新各评价指标赋值,得到评价样本矩阵 D 转置矩阵如下:

$$D' = [D_1, D_2, D_3, D_4]$$

其中:

$$D_2 = \begin{matrix} 5.0 & 3.0 & 5.0 & 3.0 & 2.0 & 3.0 & 4.0 & 5.0 & 3.0 & 4.0 & 2.0 & 5.0 \\ 5.0 & 2.0 & 3.0 & 4.0 & 3.0 & 3.0 & 4.0 & 4.0 & 4.0 & 3.0 & 4.0 & 5.0 \\ 5.0 & 5.0 & 4.0 & 3.0 & 4.0 & 3.0 & 3.0 & 4.0 & 5.0 & 3.0 & 4.0 & 3.0 \\ 5.0 & 4.0 & 2.0 & 3.0 & 4.0 & 4.0 & 3.0 & 4.0 & 2.0 & 3.0 & 5.0 & 2.0 \\ 3.0 & 4.0 & 5.0 & 2.0 & 3.0 & 3.0 & 4.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 & 2.0 \\ 4.0 & 3.0 & 2.0 & 4.0 & 4.0 & 4.0 & 3.0 & 4.0 & 5.0 & 4.0 & 3.0 & 5.0 \\ D_3 = 3.0 & 2.0 & 3.0 & 2.0 & 4.0 & 3.0 & 4.0 & 3.0 & 3.0 & 2.0 & 4.0 & 4.0 \\ 3.0 & 4.0 & 4.0 & 3.0 & 2.0 & 3.0 & 3.0 & 4.0 & 3.0 & 2.0 & 5.0 & 3.0 \\ 2.0 & 5.0 & 2.0 & 3.0 & 4.0 & 4.0 & 2.0 & 3.0 & 4.0 & 5.0 & 3.0 & 2.0 \end{matrix}$$

$$D_4 = \begin{matrix} 4.0 & 2.0 & 2.0 & 5.0 & 3.0 & 3.0 & 5.0 & 4.0 & 4.0 & 2.0 & 3.0 \\ 2.0 & 5.0 & 4.0 & 4.0 & 2.0 & 3.0 & 4.0 & 4.0 & 3.0 & 4.0 & 4.0 \\ 3.0 & 4.0 & 3.0 & 2.0 & 4.0 & 4.0 & 4.0 & 4.0 & 2.0 & 4.0 & 3.0 \\ 3.0 & 3.0 & 4.0 & 2.0 & 4.0 & 4.0 & 3.0 & 3.0 & 2.0 & 2.0 & 5.0 \\ 5.0 & 2.0 & 4.0 & 3.0 & 4.0 & 3.0 & 3.0 & 3.0 & 2.0 & 4.0 & 4.0 \end{matrix}$$

(二) 确定评价灰色类

设评价灰类序号为 d ($d=1, 2, 3, 4$), 分别表示“强”、“较强”、“中等”、“弱”, 灰类及白化权函数如下:

第一灰类“强” ($d=1$) 其灰数为 $\otimes_1 \in [4.0, \infty]$ 白化权函数为 f_1 , 表达式如下:

$$f_1(X_{nmy}) = \begin{cases} \frac{X_{nmy}}{4}, & X_{nmy} \in [0, 4] \\ 1, & X_{nmy} \in [4, \infty] \\ 0, & X_{nmy} \notin [0, \infty] \end{cases}$$

第二灰类“较强” ($d=2$) 其灰数为 $\otimes_2 \in [0, 4.0, 8.0]$ 白化权函数为 f_2 , 表达式如下:

$$f_2(X_{nmy}) = \begin{cases} \frac{X_{nmy}}{4}, & X_{nmy} \in [0, 4] \\ \frac{8 - X_{nmy}}{4}, & X_{nmy} \in [4, 8] \\ 0, & X_{nmy} \notin [0, 8] \end{cases}$$

第三灰类“中等” ($d=3$) 其灰数为 $\otimes_3 \in [0, 3.0, 6.0]$ 白化权函数为 f_3 , 表达式如下:

$$f_3(X_{nmy}) = \begin{cases} \frac{X_{nmy}}{3}, & X_{nmy} \in [0, 3] \\ \frac{6 - X_{nmy}}{3}, & X_{nmy} \in [3, 6] \\ 0, & X_{nmy} \notin [0, 6] \end{cases}$$

第四灰类“弱” ($d=4$) 其灰数为 $\otimes_4 \in [0, 2.0, 4.0]$ 白化权函数为 f_4 , 表达式如下:

$$f_4(X_{nmy}) = \begin{cases} \frac{X_{nmy}}{2}, & X_{nmy} \in [0, 2] \\ \frac{4 - X_{nmy}}{2}, & X_{nmy} \in [2, 4] \\ 0, & X_{nmy} \notin [0, 4] \end{cases}$$

(三) 计算灰色评价系数

对灰色评价指标 X_{111} 第 d 个评价灰类的灰色评价系数 X_{111d} 。如下:

$$d=1, X_{1111} = f_1(5.0) + f_1(5.0) + f_1(5.0) + f_1(5.0) + f_1(5.0) = 5;$$

$$d=2, X_{1112} = f_2(5.0) + f_2(5.0) + f_2(5.0) + f_2(5.0) + f_2(5.0) = 4.012;$$

$$d=3, X_{1113} = f_3(5.0) + f_3(5.0) + f_3(5.0) + f_3(5.0) + f_3(5.0) = 1.297;$$

$$d=4, X_{1114} = f_4(5.0) + f_4(5.0) + f_4(5.0) + f_4(5.0) + f_4(5.0) = 0.$$

因此, 总灰类评价数为 $X_{111} = 5 + 4.012 + 1.297 + 0 = 10.309$ 。

同理求得其他受评指标灰色评价系数、总灰色评价系数。

(四) 计算灰色评价权矩阵及权向量

所有专家对评价指标 X_{nmy} 主张第 d 个灰类的灰色评价权记为 R_{nmyd} , 则有 $R_{nmyd} = W_{nmyd} / W_{nmy}$ 。得出各灰类的灰色评价权:

$$d=1, X_{1111} = 5/10.309 = 0.4812$$

$$d = 2, X_{1112} = 4.012 / 10.309 = 0.389 1$$

$$d = 3, X_{1113} = 1.297 / 10.309 = 0.125 8$$

$$d = 4, X_{1114} = 0.000 0 / 10.309 = 0.000 0$$

所以 受评指标 X_{111} 对于各类灰类的灰色评价权向量为 $X_{111} = (0.481 2 \ 0.389 1 \ 0.125 8 \ 0.000 0)$, 可得 $X_{112} = (0.374 2 \ 0.287 1 \ 0.301 9 \ 0.122 8)$, $X_{113} = (0.368 0 \ 0.301 6 \ 0.281 4 \ 0.019 2)$, 从而得到受评指标 X_{111} 对于各评价灰类灰色评价矩阵 R_{11} :

$$R_{11} = \begin{matrix} r_{111} & 0.127 1 & 0.218 4 & 0.000 0 & 0.410 7 \\ r_{112} & 0.210 4 & 0.178 2 & 0.362 4 & 0.178 2 \\ r_{113} & 0.320 0 & 0.216 9 & 0.410 0 & 0.241 6 \\ r_{114} & 0.140 0 & 0.320 1 & 0.240 0 & 0.000 0 \end{matrix}$$

同理可得其它受评指标对于各评价灰类的灰色评价权矩阵。

(五) 综合评价二级指标

对 X_{111} 作综合评价。其综合评价结果可记作 A_{111} , 则有 $A_{111} = B_{111} * R_{111} = (A_{1111}, A_{1112}, \dots, A_{111g})$ 。因此 对 X_{111} 其综合评价结果:

$$A_{111} = B_{111} * R_{111} = (0.420 3 \ 0.312 8 \ 0.214 7 \ 0.092 8)$$

同样依照上述方法, 可以得到:

$$A_{12} = (0.432 6 \ 0.321 4 \ 0.211 4 \ 0.110 5)$$

$$A_{13} = (0.417 2 \ 0.245 1 \ 0.168 7 \ 0.009 8)$$

$$A_{21} = (0.394 6 \ 0.254 1 \ 0.114 3 \ 0.102 3)$$

$$A_{22} = (0.352 1 \ 0.128 7 \ 0.324 6 \ 0.009 2)$$

$$A_{23} = (0.388 7 \ 0.327 1 \ 0.187 0 \ 0.008 6)$$

$$A_{31} = (0.412 3 \ 0.280 3 \ 0.210 4 \ 0.003 6)$$

$$A_{32} = (0.397 2 \ 0.364 2 \ 0.231 6 \ 0.007 8)$$

$$A_{41} = (0.418 0 \ 0.285 1 \ 0.182 9 \ 0.006 3)$$

$$A_{42} = (0.298 0 \ 0.193 4 \ 0.111 4 \ 0.012 7)$$

$$A_{51} = (0.328 1 \ 0.280 6 \ 0.182 6 \ 0.082 1)$$

$$A_{52} = (0.410 8 \ 0.293 7 \ 0.187 6 \ 0.092 4)$$

$$A_{61} = (0.382 6 \ 0.251 8 \ 0.183 4 \ 0.078 5)$$

$$A_{62} = (0.375 7 \ 0.287 1 \ 0.203 1 \ 0.095 4)$$

(六) 综合评价一级指标

对 X_n 作综合评价, 其综合评价结果记为 A_n , 则有 $A_n = B_n * R_n = (A_{n1}, A_{n2}, \dots, A_{ng})$ 。因此, 对 X_1 , 其综合评价结果:

$$A_1 = B_1 * R_1 = (0.471 4 \ 0.302 5 \ 0.198 6 \ 0.176 2)$$

同理可求得,

$$A_2 = (0.401 2, 0.302 4 \ 0.227 4 \ 0.090 8),$$

$$A_3 = (0.392 0 \ 0.317 6 \ 0.210 7 \ 0.100 7),$$

$$A_4 = (0.420 8 \ 0.320 7 \ 0.213 0 \ 0.127 3),$$

$$A_5 = (0.376 1 \ 0.301 2 \ 0.207 3 \ 0.101 1),$$

$$A_6 = (0.398 0 \ 0.304 6 \ 0.274 3 \ 0.117 6).$$

(七) 综合评价 X

综合评价 X 结果记为 A, 则有 $A = B * R = (A_1, A_2, \dots, A_g)$ 。因此, 对 X 其综合评价结果:

$$A = (0.457 1, 0.343 64 \ 0.277 4 \ 0.078 2),$$

(八) 计算综合评价价值

因各评价灰类等级值化向量 $C = (5.0 \ 4.0 \ 3.0 \ 2.0)$,于是,华东地区 2009 年两型农业科技创新的综合评价价值为:

$$S = A * C^T = (0.457 \ 1 \ ,0.343 \ 64 \ 0.277 \ 4 \ 0.078 \ 2) * (5.0 \ 4.0 \ 3.0 \ 2.0) = 3.406 \ 3$$

五 结论及建议

根据研究结论,华东地区的两型农业科技创新系统属于“较强”等级的灰类。以此为基础,再研究、评价其它区域 6 个维度的评价指标。选择适合的灰度评价模型,明确相应的评价灰度强弱及各项评价指标所属灰度,得到本研究所设计的 2005 年至 2009 年我国各地区两型农业科技创新综合评价结果,其评价结果如表 4 所示。

表 4 各地区两型农业科技创新综合评价结果

地区	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
华北地区	3.141 2	3.161 9	3.188 6	3.227 3	3.245 4
东北地区	3.001 6	3.124 6	3.131 9	3.154 7	3.170 6
西北地区	3.000 7	3.012 2	3.021 3	3.107 3	3.119 8
华中地区	3.119 0	3.201 4	3.238 3	3.254 6	3.293 6
西南地区	3.197 8	3.205 1	3.221 4	3.240 1	3.247 3
华东地区	3.357 2	3.361 3	3.387 9	3.397 1	3.406 3

本研究的政策建议主要有:第一,建立两型农业科技创新的政府、科研院所、企业、第三方机构、农户等多主体协同的创新机制,实现科技创新与制度创新的共同演化。第二,加强全国特别是中西部地区的两型农业科技的应用性创新的投入与研发、推广力度,通过建设与完善基础设施建设,继续推进农地制度的改革、推进科技化示范性农业适度经营规模、逐步推进农业标准化、产业化、规模化经营来应用科技创新与进行两型农业科技再创新,提高创新成果利用能力与再创新能力,阻止两型农业科技创新动力不足与技术利用效率不断下滑的态势;第三,掀起新一轮的两型农业科技创新革命,加快科技创新步伐,使我国当前以外延式扩展为主的农业经济增长方式再次步入以科技创新进步和制度创新推动为主的内涵式扩展道路;第四,细化两型农业科技创新巨系统的各子系统功能及各子系统的指标级特征,根据区域不同特质,针对性地强化两型农业科技创新的优势领域,弥补不足。

参考文献:

- [1] Solow, Robert M. Investment and Technical Progress [C]// K. Arrow, S. K. Arrow and P. Suppes. Mathematical Methods in the Social Sciences. Stanford, CA: Stanford University Press, 1959.
- [2] 胡鞍钢, 郑京海, 高宇宁, 等. 考虑环境因素的省级技术效率排名 [J]. 经济学(季刊), 2008(3): 933-960.
- [3] 张雄辉, 范爱军. 基于全要素生产率的中国经济增长因素分析 [J]. 科技管理研究, 2009(10): 86-88.
- [4] 乌东峰, 张世兵, 滕湘君. 基于灰色理论的现代多功能农业评估研究——以湖南省湘潭市为例 [J]. 农业技术经济学, 2009(6): 105-112.
- [5] 匡远配, 罗荷花. “两型农业”综合评价指标系统构建及实证分析 [J]. 农业技术经济, 2010(7): 73-76.

(责任校对 王小飞)