

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.03.030

# 基于 WebGIS 的农业科技成果价值评估系统研究

陈雪瑞<sup>1</sup> 贾敬敦<sup>2</sup> 高万林<sup>1</sup> 任延昭<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学现代精细农业系统集成研究教育部重点实验室, 北京 100083;

2. 中国农村技术开发中心, 北京 100045)

**摘要:** 为了促进农业科技成果交易, 加快农业科技成果转化, 将 WebGIS 技术与综合模糊评价模型相结合, 设计并开发了基于 WebGIS 的农业科技成果价值评估系统。系统实现了农业科技成果时空数据的存储与管理、农业科技成果价值评估、价值评估结果时空特征分析以及结果的可视化, 为农业科技成果管理部门提供了一个集数据管理与时空分析为一体的工具。研究构建了价值评估三级指标体系, 综合考虑技术、效益和市场三方面因素对农业科技成果进行综合价值评估, 能够为农业科技成果的转化交易提供参考。

**关键词:** 农业科技成果; WebGIS; 价值评估

**中图分类号:** TP311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)03-0238-07

## Design of Value Evaluation System for Agricultural Scientific and Technological Achievements Based on WebGIS

CHEN Xuerui<sup>1</sup> JIA Jingdun<sup>2</sup> GAO Wanlin<sup>1</sup> REN Yanzhao<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing 100083, China 2. China Rural Technology Development Center, Beijing 100045, China)

**Abstract:** In order to promote the trading and accelerate the transformation of agricultural scientific and technological achievements (ASTA), a WebGIS-based system for evaluating the value of ASTA was designed and developed. Object-oriented JAVA language was adopted to realize various functions of the system. The functions included the storage and management of spatial and temporal data, value evaluation of ASTA, spatial and temporal characteristics analysis of value evaluation results and visualization of the results. As an integrative tool for managing data and analyzing spatial and temporal characteristics, the system provided service for agricultural scientific and technological achievements management department. Comprehensive fuzzy method was adopted to evaluate the value of ASTA. In order to ensure the accuracy of evaluation results, the indexes were extracted from many influence factors and then the evaluation index system was constructed. The index system took into account all the influence of technology, market and benefit. So far, totally 265 ASTA were evaluated in the system, which were produced in 2010—2015. To validate the correctness of the system, an experiment was carried out, and results showed that the accuracy of the system was good. The application of the system showed that it provided an efficient-fast third-party assessment tool for ASTA holders, and it also supplied an intelligent management tool for ASTA management department. Furthermore, evaluation results of the system can provide reference for ASTA trading.

**Key words:** agricultural scientific and technological achievements; WebGIS; value evaluation

### 引言

近年来,我国农业科技成果的数量持续增长、质量不断提高。就农业植物新品种权来看,2014年共

申请 1 772 项,占 1999—2014 年累计申请总数的 13.14%;然而,2014 年动、植物新品种权转让仅 185 项<sup>[1]</sup>。农业科技成果交易市场低迷、农业科技成果转化率的持续走低,使得我国大量的农业科技成果

收稿日期: 2016-06-21 修回日期: 2016-09-19

基金项目: 国家星火计划项目(2015GA600002)

作者简介: 陈雪瑞(1989—),女,博士生,主要从事农业信息化技术研究,E-mail: chenxueruiabc@163.com

通信作者: 高万林(1965—),男,教授,博士生导师,主要从事农业信息管理与农业信息化研究,E-mail: gaowlin@cau.edu.cn

未被转化应用。因此,寻求更加严谨、科学和权威的农业科技成果水平评估方法,对于促进农业科技成果交易,加快农业科技成果转化,对提高我国农业市场竞争力,加快发展现代农业,服务于创新型国家建设,具有重大意义。

国内外学者针对农业科技成果进行了大量研究。国内研究主要侧重于对农业科技成果的界定、农业科技成果转化的内涵、农业科技成果的转化机制以及农业科技成果转化中存在的问题等定性问题的探讨<sup>[2-4]</sup>。国外并没有具体的农业科技成果转化的概念,但是对技术转让(technology transfer)<sup>[5-6]</sup>和技术推广(technology extension)<sup>[7]</sup>领域做了深入的研究。国内外现有的研究主要侧重定性分析和单个技术转让与推广实施实例研究,缺乏对农业科技成果时空特征的挖掘;同时,传统的高能耗、低时效的线下评估难以满足农业科技成果供需双方低花费、高时效的需求。

WebGIS 作为 Internet 应用于 GIS 开发的产物,以其集海量数据管理和空间分析于一体的特性已广泛应用于农业生产中<sup>[8-10]</sup>。本文针对农业科技成果的特异性以及农业科技成果评估因素的复杂性和模糊性,采用综合模糊评估模型与 WebGIS 技术相结合的方式,设计并实现基于 WebGIS 的农业科技成果价值评估系统,以为农业科技成果的价值评估提供一个快捷、易操作的工具。

## 1 系统设计

### 1.1 设计目标

农业科技成果价值评估系统的设计旨在通过提

取影响农业科技成果水平的各项因素,对农业科技成果从技术、效益和市场 3 个角度进行综合模糊评估,分析农业科技成果的等级,在农业科技成果的转化过程中为供需双方提供参考,也为成果管理部门提供管理依据。

本系统将国内外专家对农业科技、水平评价的研究成果与 WebGIS 技术相融合,在对待评估农业科技成果的各类数据,复杂的农业科技成果价值评估模型体系以及评审专家信息等大规模数据标准化管理的基础上,分析了农业科技成果价值影响因素的构成,构建了价值评估指标体系和价值评估模型,综合评估的运算、时序分析、空间分析以及评估结果的直观展示等需求,兼顾技术可行性、系统可操作性和适用性,设计并开发了能够满足农业科技成果供需双方以及成果管理部门需求的农业科技成果价值评估系统。

### 1.2 系统架构

基于 B/S 模式,系统采用了 3 层体系结构,包括显示层、业务层和数据层,如图 1 所示。显示层通过提供可视化的界面完成数据的管理、相关指标的填写、查询以及各种结果的浏览等功能,从而实现人机交互;业务层也称逻辑层是系统的核心,同时也是连接显示层和数据层的纽带,通过 JDBC 和 ARCSDE 实现对空间数据和属性数据的访问和调用;数据层负责属性数据和空间数据的管理与维护,是整个系统的数据支撑。

### 1.3 系统功能结构设计

根据系统的建设目标,系统主要分为以下 4 个独立功能模块(图 2):

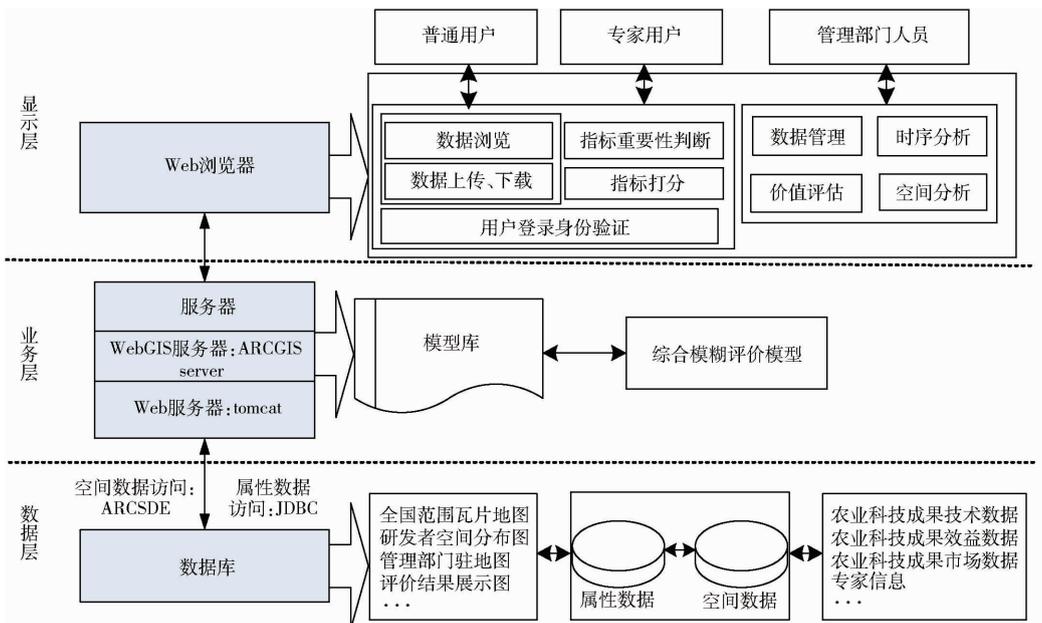


图 1 系统体系结构

Fig. 1 Web structure of system

(1)数据管理模块。对农业科技成果进行价值评估的基础是准确的数据,所以本模块对各类属性数据和空间数据进行有机的组织管理,并提供有效的数据操作。

(2)数据查询模块。该模块为系统的各个用户提供与其权限对应的数据上传、下载和浏览功能。

(3)评估分析模块。本模块是系统的核心功能模块,提供了农业科技成果价值评估的时序分析、不同角度的空间分析,同时将评估结果进行可视化输出。

(4)用户管理模块。有效的用户管理对维护系统的安全性和保证数据的完整性具有至关重要的作用,因此由系统管理员对不同权限的用户进行日常管理。

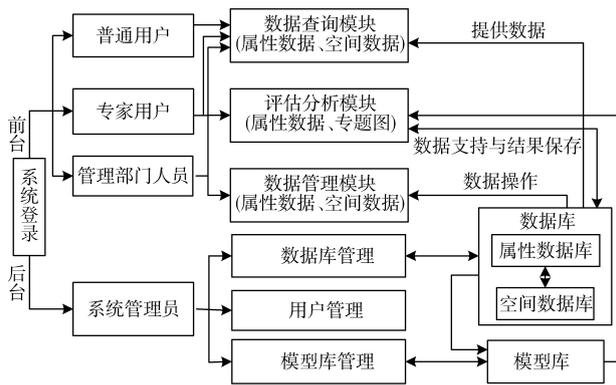


图2 系统功能模块图

Fig.2 Diagram of function module structure of system

## 1.4 数据库设计

系统中的空间数据主要包括瓦片地图、全国行政区划图、农业科技成果持有单位分布点图、成果管理部门点位图以及各类农业科技成果评估分析的专题图等;属性数据主要包括农业科技成果的说明信息、成果持有者的信息以及参评专家的相关信息等。为了便于数据的管理,系统中的空间数据和属性数据分别存储在空间数据库和属性数据库中,通过字段绑定来实现2种数据之间的关联。

## 2 评估模型构建

### 2.1 指标体系构建

农业科技成果种类繁多且特异性显著。因此,本研究中以单个的农业科技成果为研究对象,在提取价值评估指标的基础上,构建农业科技成果价值的定量评估模型并对评估结果进行分析。

#### 2.1.1 指标体系构建原则

农业科技成果价值评估指标是对农业科技成果进行评估的基础和依据,其优劣性直接影响到评估结果的可靠性和有效性。一套完备的评估指标体系应具有以下特性:①系统性,指标体系具有层次性,

综合考虑诸多影响因素,自上而下,从宏观到微观层层深入,形成一个不可分割的评估体系。②科学性,指标体系结构严谨,指标含义清晰明确。③简明性,指标能够客观真实地反映成果特点,且简洁清晰。④可操作性,指标计算数据可获得、可处理,现实中可操作。

#### 2.1.2 单个指标选取原则

单个指标的选取遵循以下8个标准:可测性、敏感性、可预测性、典型性、可控性、整体性、响应性、稳定性。该8项标准由DALE提出<sup>[11]</sup>,其中整体性针对指标体系的构建,而其余7项标准均用来约束单个指标的选择。

#### 2.1.3 指标选取

农业科技成果价值的影响因素主要有技术性、效益性和市场性3方面。技术性指农业科技成果的技术难度和先进程度,以及所面临的技术风险;效益性指农业科技成果在转化应用后可能带来的经济、生态和社会效益;市场性指的是农业科技成果投入到市场面临的市场环境与风险。

根据以上评估指标的选取原则,参照国家相关规定<sup>[12-14]</sup>、标准<sup>[15]</sup>以及国内外相关文献,制定了农业科技成果价值评估3级指标体系,如表1所示。

## 2.2 价值评估模型

当前价值评估有神经网络法<sup>[16-17]</sup>、数据包络分析法<sup>[18]</sup>、主成分分析法<sup>[19-21]</sup>、综合模糊评估法<sup>[22]</sup>、层次分析法<sup>[23-24]</sup>等多种方法。神经网络法具有较高的适应性,但是需要大量的训练样本。与神经网络法类似,主成分分析法需要大量的样本数据。数据包络分析法可处理多投入指标和多产出指标,更倾向于评估决策单元的相对有效性。层次分析法虽然容易受人的主观意识影响却是从定性到定量分析的一种系统工程方法。与其他方法相比,综合模糊方法最大的特点是适合评估“内涵明确,外延模糊”的对象。

根据农业科技成果个性化显著、多指标、多层次且指标具有模糊性的特点,本文采用综合模糊评估法并结合层次分析的思想,充分利用指标体系层次结构和定性指标的模糊判断,对农业科技成果的价值进行综合评估。综合模糊评估法基于模糊数学理论通过构建数学模型,基于3级农业科技成果价值评估指标体系,综合考虑所有相关指标要素的影响程度,得出整体的评估结果,模型的详细步骤如下:

(1)建立评估因素集和评语集。本研究中将因素集  $U$  定义为

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n\} \quad (1)$$

表 1 价值评估指标体系  
Tab.1 Index system of value evaluation

目标层	1 级指标	2 级指标	3 级指标
农业科技成果价值评估 (U)	技术性指标 (I <sub>1</sub> )	技术水平 (I <sub>11</sub> )	技术创新性 (p <sub>1</sub> )
			技术先进性 (p <sub>2</sub> )
			技术难度和复杂程度 (p <sub>3</sub> )
			技术成熟度和可靠性 (p <sub>4</sub> )
			技术的适用性 (p <sub>6</sub> )
	技术风险 (I <sub>12</sub> )		知识产权状态 (p <sub>7</sub> )
			技术标准等级 (p <sub>8</sub> )
			配套技术提供能力 (p <sub>9</sub> )
	经济效益 (I <sub>21</sub> )		技术再开发潜力 (p <sub>10</sub> )
			技术寿命风险 (p <sub>11</sub> )
			技术人员可获性风险 (p <sub>12</sub> )
			技术仿冒风险 (p <sub>13</sub> )
			一次性投资量 (p <sub>14</sub> )
	生态效益 (I <sub>22</sub> )		后续投资成本 (p <sub>15</sub> )
			成本利润率 (p <sub>16</sub> )
回收期 (p <sub>17</sub> )			
社会效益 (I <sub>23</sub> )		环境利用 (p <sub>18</sub> )	
		资源利用 (p <sub>19</sub> )	
		环境改善 (p <sub>20</sub> )	
		对决策管理的作用 (p <sub>21</sub> )	
		改善精神面貌 (p <sub>22</sub> )	
市场环境 (I <sub>31</sub> )		增加就业岗位 (p <sub>23</sub> )	
		产业带动效果 (p <sub>24</sub> )	
		优化产业结构 (p <sub>25</sub> )	
		市场需求 (p <sub>26</sub> )	
		市场接受度 (p <sub>27</sub> )	
市场风险 (I <sub>32</sub> )		政策支持程度 (p <sub>28</sub> )	
		推广前景 (p <sub>29</sub> )	
			市场需求风险 (p <sub>30</sub> )
			市场竞争风险 (p <sub>31</sub> )

若因素集中的  $u_i$  有子因素,则可定义为

$$u_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ij}, \dots, u_{im}\} \quad (2)$$

式中  $u_i$ ——第  $i$  个一级评估因素对应第  $i$  个一级评估指标,  $i = 1, 2, \dots, n$

$u_{ij}$ ——第  $i$  个一级评估因素下的第  $j$  个二级评估指标,  $j = 1, 2, \dots, m$

在同一评估指标下,每一个因素集都对应一个评语集  $V$ ,本研究中定义为

$$V = \{ \text{优, 良, 一般, 差, 较差} \} \quad (3)$$

(2) 构建模糊判断矩阵并确定因素权重。依据价值评估指标体系,设计专家意见调查表,邀请领域专家对指标的相对重要程度打分,构造判断矩阵

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1i} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{j1} & \dots & r_{ji} & \dots & r_{jn} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & \dots & r_{ni} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

式中  $r_{ji}$ ——同一高层次指标下,次一级指标  $j$  相对于次一级指标  $i$  的重要程度

然后,对判断矩阵进行单排序计算,确定指标权重,确定各级指标的权重向量

$$W = [w_1 \quad \dots \quad w_i \quad \dots \quad w_n] \quad (5)$$

其中  $w_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{w}_i} \quad (6)$

$$\bar{w}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{ji}} \quad (7)$$

为了保证结果的一致性,根据矩阵理论对判断矩阵进行一致性检验,当不等式  $CR = CI/RI < 0.1$  成立时,则判断矩阵具有良好的一致性条件,否则需要调整判断矩阵,其中一致性指标

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (8)$$

其中  $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{R_i W_i}{W_i} \quad (9)$

式中  $\lambda_{\max}$ ——判断矩阵的最大特征根

$n$ ——判断矩阵的阶数

$R_i$ ——指标  $i$  的判断矩阵

$W_i$ ——指标  $i$  的权重向量

(3) 综合模糊评估。评估从第 3 层指标向上逐层开始,第 3 层指标  $u_{ijk}$  对评语集  $V$  中  $v_i$  的隶属度为

$$\delta_{ijk} = \frac{z_{ijk}}{N} \quad (10)$$

式中  $z_{ijk}$ —— $u_{ijk}$  在  $v_i$  的数目  
 $N$ ——参与评估的专家总数

则该层的综合模糊评估为

$$A_{ij} = W_{ij} \delta_{ijkt \times t} \quad (11)$$

式中  $t$ ——同 1、2 级指标下, 3 级指标的个数

$W_{ij}$ ——2 级指标  $u_{ij}$  的权重向量

$\delta_{ijkt \times t}$ ——3 级层指标  $u_{ijk}$  对评语集  $V$  中  $v_i$  的隶属度矩阵,  $t=1, 2, \dots, 5$

二级指标的综合模糊评估表示为

$$A_i = W_i \delta_{ijm \times m} \quad (12)$$

式中  $m$ ——同一 1 级指标下, 2 级指标的个数

$\delta_{ijm \times m}$ ——2 级层指标  $u_{ij}$  对评语集  $V$  中  $v_i$  的隶属度矩阵,  $t=1, 2, \dots, 5$

同理可以推断一级指标的模糊综合评估结果。

### 3 系统开发应用与验证

#### 3.1 系统开发

根据农业科技成果价值评估系统的设计目标, 系统正常运行的支撑软件包括 Windows Server 2008 操作系统、ArcGIS Server 地图服务器、Web 应用服务器 (tomcat)、SQL server2005 数据库等。采用面向对象的 Java 语言对后台进行编译, 前台则采用 Flex 作为 RIA (Rich Internet applications) 客户端开发技术, 主页如图 3 所示。在系统实现过程中, 采用了 REST (Representational state transfer) 服务将价值评估模型封装成独立的 REST 服务接口, 从而实现空间数据和属性数据的同步更新与简单维护。

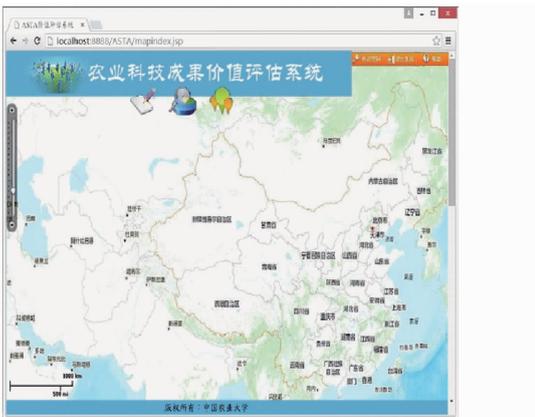


图 3 系统主页

Fig. 3 Home page of system

#### 3.2 系统应用

##### 3.2.1 时序分析

本系统的首要功能是对参评农业科技成果进行时序分析。系统内存储了 2010—2015 年 265 个参评农业科技成果的截面数据, 以及参评专家的相关

信息, 为管理部门人员掌握参评情况和分配专家提供数据支持。运用该时序分析模块即可得到农业科技成果面板数据的统计信息, 如图 4 所示为历年评估结果构成与成果数所占成果总数的比重。2010—2014 年农业科技成果数目呈递增趋势, 2015 年参评的成果数目稍微有所下降, 但较 2010 年的农业科技成果多 50 个。就评估结果来看, 2010—2015 年评估结果为优和良的农业科技成果所占比重也呈急速增长态势, 2015 年评估结果为优的成果数目最多, 占总数的 46.15%, 评估结果为差、较差的成果所占比例为 0, 从评估结果来看, 2015 年参评成果整体水平较好, 但仍有 15.38% 的成果仅处于当前平均水平。



图 4 2010—2015 年农业科技成果评估结果构成图

Fig. 4 Diagram of agricultural scientific and technological achievements evaluation results composition in 2010—2015

##### 3.2.2 空间分析

空间分析是本系统的核心功能。针对每一个农业科技成果, 为了确保其真实性, 成果持有者需要上传各项指标的相关证明材料作为原始参考数据; 专家用户根据原始数据进行的重要性判断和权重打分作为评估数据。系统在获得评估数据后调用价值评估模型实现对农业科技成果的价值评估, 然后根据限定条件 (评估结果等级、评估成果数目) 进行结果展示。为了更加直观地显示, 系统以省市区域作为显示单元, 因此, 当数据控制项年份为多年时, 各省市显示的结果为多年的平均值。图 5 为全国 2010—2015 年成果价值评估结果平均值分布图。其中, 北京、山东和广东参评的 2010—2015 年的成果平均结果为优, 云南、上海、浙江和湖北的平均结果为良, 而江苏的为一般。

#### 3.3 应用验证

为了验证模型和系统的有效性, 特选取 2 种常见的玉米种子进行价值评估。由于种子是一种具有强烈区域性的农业科技成果, 因此特选取东北地区常见的 2 种玉米种子德美亚 1 号和合玉 19 号进行



图 5 价值评估结果空间分析

Fig.5 Spatial analysis of value evaluation result

评估。

通过 20 位领域专家分别对不同层次指标组  $(I_1, I_2, I_3)$ 、 $(I_{11}, I_{12})$ 、 $(I_{21}, I_{22}, I_{23})$ 、 $(I_{31}, I_{32}, I_{33})$ 、 $(P_1, P_2, \dots, P_{10})$ 、 $(P_{11}, P_{13})$ 、 $(P_{14}, P_{15}, P_{16}, P_{17})$ 、 $(P_{18}, P_{19}, P_{20})$ 、 $(P_{21}, P_{22}, P_{23}, P_{24}, P_{25})$ 、 $(P_{26}, P_{27}, P_{28}, P_{29})$ 、 $(P_{30}, P_{31})$  中指标之间的指标相对重要性进行两两对比,依据 1~5 的标度进行量化(表 2)。20 位专家根据量化的标度对各组指标重要性进行评判(表 3),每组得到 20 个权重向量,取其平均值,进而确定各级指标的权重。

表 2 相对重要性等级

Tab.2 Rating scales of relative importance of indexes

重要性标度	含义
1	2 个元素一样重要
3	2 个元素相比,前者比后者稍重要
5	2 个元素相比,前者比后者显著重要
2,4	上述相邻判断的中间值

注： $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ，若元素  $x_i$  与元素  $x_j$  相对重要性比值为  $a_{ij}$ ，则元素  $x_j$  与  $x_i$  的相对重要性比值为  $a_{ji}$ 。

另邀请 10 位领域专家分别对 2 种玉米种子的各项指标等级进行评价,根据上述方法德美亚 1 号和合玉 19 号的一级综合模糊评价结果分别为： $A_d = (0.405, 0.303, 0.250, 0.024, 0.018)$ ， $A_h = (0.293,$

表 3 相对重要性专家评判示例

Tab.3 Sample for calculation of weights based on experts scoring

1 级指标	专家 1		
	$I_1$	$I_2$	$I_3$
技术性指标 $I_1$	1	3	4
效益性指标 $I_2$	1/3	1	2
市场性指标 $I_3$	1/4	1/2	1
权重 $w_i$	0.62	0.24	0.14
	$n$	3	
检验项	$CI$	0.009	
	$CR$	0.016	

0.304, 0.211, 0.120, 0.072), 分别取最大概率,则德美亚 1 号评价结果为优,合玉 19 号评价为良。一些学者针对此 2 种玉米品种进行了试验,结果反映出合玉 19 号植株综合性状好、产量佳,德美亚 1 号品质出众、产量高更适合推广种植<sup>[25-26]</sup>。因此,本系统模型评估的结果与相关学者的试验结果基本一致。综上所述,本研究中模型系统具有较高的准确性。

#### 4 结论

(1) 基于 WeGIS 技术实现了农业科技属性数据和空间数据的存储与管理,同时,结合综合模糊评估模型,实现了农业科技成果的综合模糊价值评估与时空分析。为农业科技成果管理部门提供了一个集数据管理与时空分析为一体的工具。

(2) 系统以价值评估为核心,构建了价值评估 3 级指标体系,综合考虑技术、效益和市场 3 方面因素对农业科技成果进行进行综合价值评估,为农业科技成果的转化交易提供参考。

(3) 相似或者相同应用领域的农业科技成果之间价值会出现很大的差异。本系统研究着重于基于领域专家打分对单个农业科技成果进行价值评估,对系统内相似农业科技成果之间的差异性并没有做进一步的比较研究。

#### 参 考 文 献

- 1 国家统计局. 中国科技统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015.
- 2 王骞. 我国农业科技成果转化研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.  
WANG Qian. Study on transformation of agricultural scientific and technological achievements of China [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2012. (in Chinese)
- 3 张权. 中国科技成果转化效率比较及对策研究[J]. 科技管理研究, 2014, 32(13): 141-144.  
ZHANG Quan. Conversion efficiency and countermeasures research of china's scientific and technological achievements [J]. Science and Technology Management Research, 2014, 32(13): 141-144. (in Chinese)
- 4 王生林, 腾英. 农业科技成果转化主体耦合互动机制研究[J]. 科技管理研究, 2015, 33(11): 197-200.  
WANG Shenglin, TENG Ying. Research of the subject coupling interaction mechanism of agricultural science and technology achievements transformation [J]. Science and Technology Management Research, 2015, 33(11): 197-200. (in Chinese)
- 5 VINIG T, LIPS D. Measuring the performance of university technology transfer using meta data approach: the case of Dutch universities [J]. Journal of Technology Transfer, 2015, 40(6): 1034-1049.

- 6 MALIK K, BERGFELD M M. A conceptual framework for intra-company technology transfer: cases of leveraging production process innovations across MNEs[J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2015, 27(10): 1129 - 1142.
- 7 BENSON C L, MAGEE C L. Technology structural implications from the extension of a patent search method[J]. *Scientometrics*, 2015, 102(3): 1965 - 1985.
- 8 钱建平, 吴晓明, 杨信廷, 等. 基于粗糙集和 WebGIS 的农产品质量安全应急管理系统[J/OL]. *农业机械学报*, 2012, 43(12): 123 - 129. [http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view\\_abstract.aspx?file\\_no=20121223&flag=1](http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20121223&flag=1). DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2012.12.023.
- QIAN Jianping, WU Xiaoming, YANG Xinting, et al. Farm products quality safety emergency management system based on rough set and WebGIS[J/OL]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(12): 123 - 129. (in Chinese)
- 9 刘雪, 陈雪瑞, 李鑫星, 等. 基于 WebGIS 的肉鸡养殖技术效率测评系统研究[J/OL]. *农业机械学报*, 2014, 45(10): 252 - 257. [http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view\\_abstract.aspx?file\\_no=20141039&flag=1](http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20141039&flag=1). DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2014.10.039.
- LIU Xue, CHEN Xuerui, LI Xinxing, et al. The design of technical efficiency evaluation system based on WebGIS for broiler[J/OL]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2014, 45(10): 252 - 257. (in Chinese)
- 10 杜克明, 褚金翔, 孙忠富, 等. WebGIS 在农业环境物联网监测系统中的应用[J]. *农业工程学报*, 2016, 32(4): 171 - 178.
- DU Keming, CHU Jinxiang, SUN Zhongfu, et al. Design and implementation of monitoring system for agricultural environment based on WebGIS with internet of things[J]. *Transactions of the CSAE*, 2016, 32(4): 171 - 178. (in Chinese)
- 11 DALE V H, BEYELER S C. Challenges in the development and use of ecological indicators[J]. *Ecological Indicators*, 2001, 1(1): 3 - 10.
- 12 科技部. 关于印发《科技评估管理暂行办法》的通知[R]. 中华人民共和国国务院公报, 2001(29): 27 - 29.
- 13 民政部. 民政部关于探索建立社会组织第三方评估机制的指导意见[R]. 中华人民共和国国务院公报, 2015(23): 70 - 72.
- 14 国务院. 实施《中华人民共和国促进科技成果转化法》若干规定[R]. 中华人民共和国国务院公报, 2016(8): 29 - 32.
- 15 GB/T 32225—2015 农业科技成果评价技术规范[S]. 2015.
- 16 KHAKI M, YUSOFF I, ISLAMI N. Application of the artificial neural network and neuro-fuzzy system for assessment of groundwater quality[J]. *CLEAN—Soil, Air, Water*, 2015, 43(4): 551 - 560.
- 17 郗瑞卿, 关侠, 鄢旭久, 等. 基于自组织神经网络的耕地自然质量评价方法及其应用[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(23): 298 - 305.
- QIE Ruiqing, GUAN Xia, YAN Xujiu, et al. Method and its application of natural quality evaluation of arable land based on self-organizing feature map neural network[J]. *Transactions of the CSAE*, 2014, 30(23): 298 - 305. (in Chinese)
- 18 TSOLAS I E. Firm credit risk evaluation: a series two-stage DEA modeling framework[J]. *Annals of Operations Research*, 2015, 233(1): 483 - 500.
- 19 KUMAR P, SAO A, GUPTA A K, et al. Principal component analysis for assessment of genetic diversity in upland paddy for Bastar plateau[J]. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 2015, 6(4): 1052 - 1058.
- 20 王增丽, 冯浩, 余坤. 基于主成分分析的不同预处理麦秸改良土壤效果评价[J/OL]. *农业机械学报*, 2016, 47(10): 150 - 155. [http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view\\_abstract.aspx?file\\_no=20161020&flag=1](http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20161020&flag=1). DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.10.020.
- WANG Zengli, FENG Hao, YU Kun. Effect evaluation of different pretreated wheat straw utilizations on soil improvement based on principal component analysis[J/OL]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2016, 47(10): 150 - 155. (in Chinese)
- 21 王鹏新, 冯明悦, 孙辉涛, 等. 基于主成分分析和 Copula 函数的干旱影响评估研究[J/OL]. *农业机械学报*, 2016, 47(9): 334 - 340. [http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view\\_abstract.aspx?file\\_no=20160945&flag=1](http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20160945&flag=1). DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.09.045.
- WANG Pengxin, FENG Mingyue, SUN Huitao, et al. Drought impact assessment based on principal component analysis and Copula function[J/OL]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2016, 47(9): 334 - 340. (in Chinese)
- 22 ZENG Fuping, DONG Yulin, TANG Ju. Feature extraction and severity assessment of partial discharge under protrusion defect based on fuzzy comprehensive evaluation[J]. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 2015, 9(16): 2493 - 2500.
- 23 BAHINIPATI C S. Assessment of vulnerability to cyclones and floods in Odisha, India: a district-level analysis[J]. *Current Science*, 2014, 107(12): 1997 - 2007.
- 24 龚艳, 张晓, 刘燕, 等. 基于层次分析法的植保机械适用性综合评价方法[J/OL]. *农业机械学报*, 2016, 47(9): 73 - 78. [http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view\\_abstract.aspx?file\\_no=20160911&flag=1](http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20160911&flag=1). DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.09.011.
- GONG Yan, ZHANG Xiao, LIU Yan, et al. Comprehensive evaluation method for applicability of plant protection machinery based on analytic hierarchy process[J/OL]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2016, 47(9): 73 - 78. (in Chinese)
- 25 卢迎春, 张长勇. 玉米品种比较试验总结[J]. *现代化农业*, 2010(9): 18.
- 26 刘福顺, 蒋立冬. 玉米品种对比试验[J]. *农民致富之友*, 2015(1): 55.