

# 基于证据理论的农业机械选型风险因素评价方法

黄玉祥, 郭康权, 朱瑞祥\*, 何万丽

(西北农林科技大学 机械与工程学院, 杨凌 712100)

**摘要:** 农业机械选型是国家机具补贴政策实施的核心步骤之一, 其实施过程具有复杂性、不确定性以及难以准确度量风险因素的特点。该研究借助证据理论的相关原理, 提出基于证据理论的农业机械选型风险评价方法。从需求、能力、技术、合作、产品性能及评标决策支持系统开发 6 个方面, 分析了农业机械选型过程中的主要风险因素及其内涵、来源、后果集。在此基础上, 根据证据理论的相关概念和决策步骤, 采取问卷调查的方式获得相关证据, 确定出基本可信度分配函数和信度函数, 并采用 Dempster 合成法则对证据进行合成; 然后构造风险评价绩效函数, 用于比较各个因素风险的大小。实证分析表明, 利用 D-S 证据推理方法对农业机械选型风险因素进行评价具有一定的有效性和实用价值。

**关键词:** 农业机械; 招标选型; 风险评价; 证据理论

**中图分类号:** F323.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2008)-4-0135-07

黄玉祥, 郭康权, 朱瑞祥, 等. 基于证据理论的农业机械选型风险因素评价方法[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 135-141.

Huang Yuxiang, Guo Kangquan, Zhu Ruixiang, et al. Method for evaluating the risk of selecting types of agricultural machinery based on evidence theory[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(4): 135-141.(in Chinese with English abstract)

## 0 引言

2005 年财政部和农业部联合印发了《农业机械购置补贴专项资金使用管理暂行办法》, 要求进一步规范补贴机具选型制度, 即要参照竞争性招标的机制和程序, 组织开展竞争择优筛选, 形成年度补贴机具目录, 供农民在目录内自主选择合适的机型<sup>[1]</sup>。从近两年各地实施和反馈的情况看, 在机具选型中引入竞争性招标制度, 是保证农机产品质量、维护农民购机利益的有效措施。然而, 将竞争性招标制度引入机具选型中, 对农机领域来说是一个新兴事务, 各地在实际操作过程中, 没有一个统一的、可执行的机制来规范农业机械招标选型行为, 从而影响了国家机具补贴政策的实施效益<sup>[2]</sup>。另一方面, 招标选型工作是一项复杂的系统工程, 涉及到农业机械需求的确定、招标代理机构的选择、评标专家及评标方法选择等诸多问题, 上述因素由于存在模糊性、不确定性等问题, 使得在选型决策过程中不可避免的产生一定风险, 从而直接影响国家机具补贴政策实施的效果。目前, 风险管理已在农业工程的一些领域受到了重视<sup>[3-6]</sup>, 但国内对于机具招标选型存在的种种风险尚没有看到相关研究报道, 对农业机械的招标选型风险评估至今没有

一套完整的评价体系。国家机具购置补贴作为一项今后长期实施的“支农、惠农”政策, 可以预计招标选型制度将在较长时间内实行<sup>[2]</sup>。随着各地运用范围的扩大、参与招标的机具种类与参与投标企业的增加, 农业机械招标选型制度将不仅是落实国家机具补贴政策的有效途径, 而且也是中国农机化发展中的一件大事, 因而对其风险进行研究具有重要意义。为此, 本文将证据理论应用于农业机械选型风险评价问题中, 以期为农业机械招标选型的有效实施提供决策支持。

## 1 农业机械选型的特点

1) 农业机械招标选型多采用委托代理的形式。在招投标等信息不对称的情况下, 这是保证农业机械选型“三公”的有效措施。农机管理部门作为需求方(组织者)并不直接参与招标活动, 这就存在一个如何激励招标代理机构成功完成选型任务的问题。而且, 作为评标决策主体的评标专家组能否独立工作及有效完成评标任务, 这都需要决策主体之间(农机管理部门、代理机构、评标专家)建立良好的协调机制。因此, 委托代理模式下的农业机械选型工作需要进一步加强理论与实践两方面的研究<sup>[2]</sup>。

2) 农业机械评标标准具有综合性。一般地建设项目在评标时, 注意力往往放在工程报价和投标人的资格、信誉等商务性指标上。但对于农业机械招标选型, 评标的标准并不如此单一, 必须同时考虑产品的主要技术参数、使用性、经济性、服务性能等, 而且要综合考虑产品的整体性价比, 在产品取舍上比较困难<sup>[2]</sup>。例如, 对

收稿日期: 2007-07-15 修订日期: 2008-01-10

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重大项目(2006BAD09B04)

作者简介: 黄玉祥(1980-), 男, 宁夏中宁人, 博士研究生, 研究方向: 农业系统工程理论、方法与应用研究。杨凌 西北农林科技大学机械与电子工程学院, 712100。Email: lilikg2004@163.com。

\*通讯作者: 朱瑞祥, 男, 教授。杨凌 西北农林科技大学机械与电子工程学院, 712100

于 80 马力的拖拉机,有些产品动力性能好,有的产品稳定性更好,对于这些产品,该如何取舍,如何衡量,这些都是面临的问题。

3) 农业机械招标专业技术性强。一方面农业机械选型一次性招标的产品数量较多,而各个产品的评标标准都不同,因此,评标方案的确定将耗费大量的时间和精力;另一方面,评标标准涉及一些专业知识和定量计算,需要评标专家组不仅要有足够的专业知识,而且要能够熟练运用相关的数量分析方法和计算机知识等<sup>[2]</sup>。

4) 农业机械招标采取无标底招标形式。一般的建设工程或物品采购,其标底容易确定,而农业机械产品由于种类繁多,各种规模或资质的厂家生产的产品五花八门,质量、功能各异,这就为招标标底的确定带来了困难。

另外,采取竞争性招标制度对农业机械领域是新兴事物,农业机械招标选型制度还存在不完善的地方,有很多问题有待进一步探讨,这也客观上增加了招标选型的难度和风险。

## 2 系统建模思想和方法

### 2.1 系统建模思想

1) 农业机械选型的风险管理包含风险因素识别、评估、排序、计划、监督和控制活动。风险评估是在风险因素识别的基础上,对潜在的风险因素出现的可能性及其影响进行分析,为下一步的风险决策提供依据,因此,风险评估在风险管理中起着重要的作用<sup>[3-4, 9]</sup>。农业机械选型的风险评价属于不确定性决策问题,其风险因素和风险后果均具有一定的模糊性,很难用精确的判断来描述,因而在选择评价方法时,一要注意方法的特点;二要注意被评价对象所属类型与评价方法的对应问题。

2) 风险评估方法较多,主要有基于历史数据和基于经验两类方法。前者比较规范,适用要求较高。由于农业机械选型问题的复杂性和不确定性,使其不具备使用该方法的条件;后者要求条件不高、简便可行、适用范围广,但结果主要依赖于专家的经验。证据理论中信度的要求比概率更低,这更贴近专家对不确定事件的判断,因而专家的不确定性决策可用证据理论来表示。在群决策中,一个特定的专家所拥有的知识和经验往往是有限的、片面的,因而需要将不同相关知识领域专家的意见综合起来。集结专家意见的数学工具是保证决策有效性的关键,证据理论的 Dempster 合成法则能够较好的处理具有模糊和不确定信息的合成问题<sup>[10]</sup>,从融合结果可以看到对不确定性事件判断的分布状态,因而,在处理不同专家的意见集结问题时,具有明显的优越性。

3) 农业机械选型风险来自实施过程中的各个方面,而且各地在机具选型过程中又面临不同的实际情况。因而,在实际决策过程中,风险因素的来源和数量都在不

断增加,内容也在不断变化,在时间、成本及技术等资源有限的条件下,不可能对所有风险因素都采取相应风险控制措施,只能用合适的方法评估风险因素的可能性和影响程度等形式,来判断其风险等级,根据轻重缓急依次采取相应风险规避措施,来尽量避免或减少风险损失<sup>[9, 11]</sup>。

通过以上分析,建立农业机械选型风险评估的研究框架,如图 1 所示。

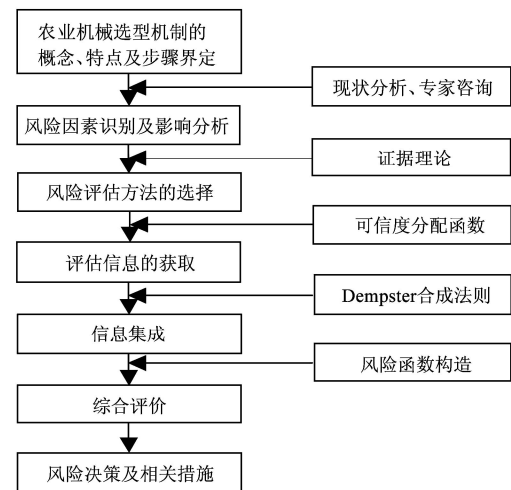


图 1 农业机械选型风险评估模型

Fig.1 Risk evaluation model of for selecting the types of agricultural machinery

### 2.2 建模方法

#### 2.2.1 D-S 理论的有关定义

证据理论自 1976 年美国学者 G.Shafer 发表著作“证据的数学理论”以来,在理论和应用上取得了丰富的成果。它主要处理证据加权和证据支持度问题,并且利用可能性推理来实现证据的组合。从数学角度看,证据理论是概率论的一种推广。首先给出几个基本定义<sup>[10-13]</sup>。

定义 1 在证据理论中,任意证据均可用 1 个非空有限集合  $\Theta = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  来表示,即该证据所支持的命题可用  $\Theta$  的子集表示,则称  $\Theta$  为识别框架,称  $2^\Theta$  为  $\Theta$  的幂集,其元素个数为  $2^n$ 。

定义 2 设  $\Theta$  是识别框,如果 mass 函数  $m: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$  满足:

$$m(\Phi) = 0 \quad (1)$$

$$\sum_{A \subseteq 2^\Theta} m(A) = 1 \quad (2)$$

那么把  $m$  称为识别框架  $\Theta$  上的基本可信度分配函数;对于任意  $A \subseteq \Theta$ ,  $m(A)$  称为  $A$  的基本可信度数,它反映了对  $A$  本身的信度大小。

在基本概率赋值基础上,Shafer 给出信任函数的概念。

定义 3 设  $\Theta$  是识别框,  $m$  是  $\Theta$  上的一个基本概率

赋值，有

$$Bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B) \quad \forall A \subseteq a^\Theta \quad (3)$$

定义的函数  $Bel: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$  称为  $\Theta$  上对应于  $m$  的信任函数。

定义 4 由  $pl(A) = 1 - Bel(\bar{A})$  所定义的函数  $Pl: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$  称为似真函数。 $pl(A)$  称为  $A$  的似真度。它表示不怀疑的程度或者说发现  $A$  可靠或似真的程度。

### 2.2.2 Dempster 合成法则

证据理论中最关键的是给出 Dempster 合成法则，Dempster 合成法则是反映证据联合作用的法则。给定一组同一识别框架上基于不同证据的信度函数，如果这几批证据不是完全冲突的，那么就可以利用 Dempster 合成法则得到基于不同证据联合作用产生信度函数<sup>[10, 11]</sup>。

设  $Bel_1, \dots, Bel_n$  是同一识别框架  $\Theta$  上的信度函数， $m_1, m_2, \dots, m_n$  是对应的基本可信度分配函数，如果  $Bel_1 \oplus \dots \oplus Bel_n$  存在且基本可信度分配函数为  $m$ ，则

$$\forall A \subset \Theta, A \neq \phi, A_1, A_2, \dots, A_n \subset \Theta$$

$$m(A) = K \sum_{\substack{A_1, \dots, A_n \subset \Theta \\ A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n = \phi}} m_1(A_1)m_2(A_2) \dots m_n(A_n) \quad (4)$$

其中

$$K = (1 - \sum_{\substack{A_1, \dots, A_n \subset \Theta \\ A_1 \cap \dots \cap A_n = \phi}} m_1(A_1) \dots m_n(A_n))^{-1} = \left( \sum_{\substack{A_1, \dots, A_n \subset \Theta \\ A_1 \cap \dots \cap A_n \neq \phi}} m_1(A_1) \dots m_n(A_n) \right)^{-1} \quad (5)$$

如果分别把  $m_1, m_2, \dots, m_n$  赋予不同的权重  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ ，其中， $\alpha_i \in [0, 1], i = 1, \dots, n$ 。则修正后的基本可信度分配函数如下：

$$m'_i(A_i) = \begin{cases} \alpha_i m_i(A_i) & A \neq \Theta \\ 1 - \sum_{A_i \neq \Theta} \alpha_i m_i(A_i) & A_i = \Theta (i = 1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (6)$$

此时

$$k' = \sum_{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n = \phi} m'_1(A_1)m'_2(A_2) \dots m'_n(A_n) \quad (7)$$

## 3 农业机械招标选型风险因素识别

风险管理的基础和前提是进行风险识别。风险识别就是对存在于农业机械招标选型过程中的各种风险根源或是不确定性因素按其产生的背景原因、表现特点和预期后果进行定义、识别，对风险因素进行科学的分类，以便采取相应的分析方法进行评估，依此制定出对应的风险管理计划方案和措施，并付诸实施。农业机械招标选型是一个多方主体参与、合作的复杂决策问题，其风险评价具有以下特点：第一、整体性，风险评估将整个选型过程视为一个整体，各个过程具有内在的统一性和联系，需对选型的各个过程进行全面分析；第二、独立性，选型的每个步骤或过程都将对选型的结果产生直接的影响；第三、探索性，即通过对选型过程的分析，能够达到发现问题，探索风险发生规律的目的；第四、反馈性，风险评估的结果需要及时反馈到相关决策部门，为今后开展选型工作提供决策支持；第五、合作性，风险评估涉及到各地农机管理部门、需求分析专家组、招标代理机构、评标专家组等，需要上述主体共同决策。

以上特点决定了农业机械选型风险因素更具复杂性和不确定性。目前，风险评估的识别方法主要有专家调查法、故障树分析法和情景分析法。在农业机械选型风险识别过程中，主要采用两种途径：一是将整个农业机械选型过程进行层层分解，对各个环节可能出现的风险因素进行分类和归纳，找出主要风险要素；二是利用领域专家的专业知识和丰富的实践经验，通过问卷调查的方式获得各种潜在的风险并对后果做出估计。综上所述，将可能存在的风险归纳为 6 大类 18 小类，并给出其后果集如表 1 所示。

表 1 农业机械招标选型的风险及其后果集

Table 1 Risks and their sequels of agricultural machinery type selecting by inviting public bidding

风险种类	内 涵	风险来源	风 险 后 果
需求风险 $a_1$	指根据国家机具补贴的重点和我国各地农机化发展对农机需求的特点，制定出相应的产品需求计划，其要遵循突出重点、面向未来、分类指导等原则	需求定位 $a_{11}$ 产品结构 $a_{12}$ 产品需求量的确定 $a_{13}$	需求计划不能准确反映本地农业和农机化发展对农业机械的需求 产品需求分析不足，招标产品结构不合理 招标计划不合理，造成某个或多个产品供大于求或供给不足等情况发生
能力风险 $a_2$	指参与决策的主体进行招投标所具备的知识、经验和能力，以及专家组之间的组织协调能力	招标代理机构工作能力 $a_{21}$ 评标专家组人员结构 $a_{22}$ 组织协调 $a_{23}$	招标选型效率低下，参与各方成本加大，招标选型结果不理想 导致评标不可控因素增加，评标科学性和结果准确性难以保证 评标进展缓慢、资源和信息不能有效利用
技术风险 $a_3$	指为了有效选出满足招标选型需求的产品，而采取的一系列技术措施，每一项技术措施的实施都直接影响评标结果	指标体系的设立 $a_{31}$ 指标权重的分配 $a_{32}$ 评价信息获取和处理 $a_{33}$ 评价方法的选取 $a_{34}$	指标设立不合理，无法进行有效评价；指标个数过多或过少，造成计算量大或大小 权重分配不合理、主次不分明，无法体现主要指标的信息 没有充分考虑群决策、数据处理方法选择不当，造成评价结果不准确 方法选择不当，造成中标产品与实际愿望相背离，失去招标选型意义

续上表

风险种类	内 涵	风险来源	风 险 后 果
合作风险 $a_4$	指合作方（招标代理机构与农机管理部门、评标专家）之间的合同、承诺、口头协议等对选型过程产生的影响	合作的努力水平 $a_{41}$	不合作、工期延误、各方资源投入不足
		合作的激励机制 $a_{42}$	无激励引发态度消极、目标降低
产品性能 风险 $a_5$	指产品能够满足需求和符合使用目的的不确定程度，以及投标商综合实力、远景规划等对未来产品性能改进的影响	预测性能与实际性能之间的差距 $a_{51}$	过高或过低地估计产品的实际质量水平，使农业机械招标选型的实际结果难以满足农民的要求
		产品的使用效果与农户需求的差距 $a_{52}$	中标的产品不满足农户的要求，造成农业机械招标选型失败，最终影响国家机具补贴政策实施的效果
		厂家的综合实力对产品性能的影响 $a_{53}$	评标时过多地依据厂家的综合实力来确定产品质量优劣，使选型失去意义，同时也促使生产厂家无改进产品质量的动力
评标决策支持系统风险 $a_6$	指评标决策者为了提高工作效率，拟开发辅助评标工作的决策支持系统，对系统软硬件技术平台设计、开发工具选择和未来系统的服务能力等方面的决策风险	技术平台 $a_{61}$	技术相对落后、不稳定
		开发工具 $a_{62}$	工具不当、效率低、质量差
		服务能力 $a_{63}$	人机交互能力差、系统效率低，无法满足招投标各方及评标专家的实际需求

### 4 实证分析

采用 D-S 理论来分析农业机械招标选型风险问题，每级指标所处的状态分别为较轻、一般、严重 3 个状态，依次用  $x_1, x_2, x_3$  表示，则识别框架为  $\Theta = \{x_1, x_2, x_3\}$ 。在研究样本的获取方面，将调查内容以信函或 E-mail 的方式发给所选定的有关专家，进行调查。这次调查的专家及部分管理人员主要来自于山东农业大学、西北农林科技大学、宁夏农业机械管理局等。以上专家构成此次调查小组，在一定程度上保证了调查的可靠性。对反馈回来的意见（问卷）采取以下两种处理方式：第一、将意见相似的问卷进行合并补充（针对没有填写完整的问卷）；第二、将明显与其它问卷的结果有较大差异的问卷剔除（或搁置以后讨论）。通过以上处理，获得了研究样本。从返回的样本信息看，大家对农业机械选型的技术风险  $a_3$  普遍比较关注，为此，本文以  $a_3$  (包括指标体系设立  $a_{31}$ 、指标权重分配  $a_{32}$ 、评价信息获取和处理  $a_{33}$ 、评价方法选取  $a_{34}$  4 个二级指标)为例，并筛选了 5 个代表性专家的意见作为本文研究样本来说明整个风险评价的过程，主要分析步骤如下：

#### 4.1 mass 函数构造

对每一个评估对象，每一个领域专家根据自己对这一问题的知识和经验分别给出一组证据  $E$ 。把指标状态集作为识别框架  $\Theta$ ，则证据  $E$  在识别框架  $\Theta$  上产生的基

本可信度分配函数  $m$  便可以确定。表 2 为专家组  $B$  ( $B = \{b_1, b_2, b_3, b_4, b_5\}$  表示领域专家集)对  $a_3$  分析后，给出的一批证据  $E$ ， $E$  在识别框架  $\Theta$  上产生的基本可信度分配函数为表 2 所示。

#### 4.2 Dempster 合成

Dempster 合成可分为两种情况：第一类、各个考察指标赋予相同的权重，此时可利用公式 (4) 和 (5)；第二类、各个考察指标赋予不同的权重，此时需采用公式 (6) 和 (7)。在农业机械选型风险评价问题中，采用第二类，即赋予不同权重的情况。根据实际情况，技术风险的各个考察指标应赋予不同的权重， $a_{31}, a_{32}, a_{33}, a_{34}$  的权重分别赋予 0.95、0.75、0.85、0.85（也可归一化处理，表示为 9.5/34、7.5/34、8.5/34、8.5/34），然后对表 2 中的 mass 函数进行修正，并进行合成，修正及合成结果如表 3 所示，这就得到了不同专家对  $a_3$  的评估情况。

接下来考虑对不同专家评估结果进行合成。在此，本文考虑不同专家拥有不同权重的情况（见表 3），即不同专家对决策结果的影响程度不同。利用公式 (6) 和 (7)，对不同专家对  $a_3$  的评估情况进行再合成，以得到专家组对被评估对象  $a_3$  的最终风险绩效状态评价结果，如表 4 所示。

表 2 “技术风险”的 mass 函数  
Table 2 Mass function of technique risk

指标	Mass 函数	$\{x_1\}$					$\{x_2\}$					$\{x_3\}$				
		$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$
$a_{31}$	$m_{a_{31}}$	0.10	0.10	0.15	0.15	0.10	0.20	0.40	0.35	0.35	0.40	0.70	0.50	0.50	0.50	0.50
$a_{32}$	$m_{a_{32}}$	0.10	0.10	0.20	0.20	0.15	0.60	0.40	0.30	0.45	0.45	0.30	0.50	0.50	0.35	0.40
$a_{33}$	$m_{a_{33}}$	0.20	0.15	0.30	0.20	0.15	0.30	0.50	0.30	0.20	0.45	0.50	0.35	0.40	0.60	0.40
$a_{34}$	$m_{a_{34}}$	0.20	0.20	0.25	0.20	0.25	0.30	0.40	0.25	0.30	0.45	0.50	0.40	0.50	0.50	0.30

表 3 “技术风险”修正及合成后的 mass 函数  
Table 3 Revised and synthesized mass function of technique risk

指标	Mass 函数	权重	$b_1$				$b_2$				$b_3$				$b_4$				$b_5$			
			$\{x_1\}$	$\{x_2\}$	$\{x_3\}$	$\Theta$	$\{x_1\}$	$\{x_2\}$	$\{x_3\}$	$\Theta$	$\{x_1\}$	$\{x_2\}$	$\{x_3\}$	$\Theta$	$\{x_1\}$	$\{x_2\}$	$\{x_3\}$	$\Theta$	$\{x_1\}$	$\{x_2\}$	$\{x_3\}$	$\Theta$
$a_{31}$	$m'_{a_{31}}$	0.95	0.0950	0.1900	0.6650	0.0500	0.0950	0.3800	0.4750	0.0500	0.1425	0.3325	0.4750	0.0500	0.1425	0.3325	0.4750	0.0500	0.0950	0.3800	0.4750	0.0500
$a_{32}$	$m'_{a_{32}}$	0.75	0.0750	0.4500	0.2250	0.2500	0.0750	0.3000	0.3750	0.2500	0.1500	0.2250	0.3750	0.2500	0.1500	0.3375	0.2625	0.2500	0.1125	0.33	0.3000	0.2500
$a_{33}$	$m'_{a_{33}}$	0.85	0.1700	0.2550	0.4250	0.1500	0.1275	0.4250	0.2975	0.1500	0.2550	0.2550	0.3400	0.1500	0.1700	0.1700	0.5100	0.1500	0.1275	0.3825	0.3400	0.1500
$a_{34}$	$m'_{a_{34}}$	0.85	0.1700	0.2550	0.4250	0.1500	0.1700	0.3400	0.3400	0.1500	0.2125	0.2125	0.4250	0.1500	0.1700	0.2550	0.4250	0.1500	0.2125	0.3825	0.2550	0.1500
合成	$m'_{a_3}$	—	0.0063	0.1695	0.8242	—	0.0045	0.4755	0.5201	—	0.0374	0.1310	0.8316	—	0.0190	0.1496	0.8314	—	0.0092	0.5974	0.3934	—

表 4 不同专家对“技术风险”的合成结果  
Table 4 Synthesized results of technique risk from different experts

专家	权重	Mass 函数	$\{x_1\}$	$\{x_2\}$	$\{x_3\}$	$\Theta$
$b_1$	0.9	$m_{a_3}^{(1)}$	0.0057	0.1526	0.7418	0.0999
$b_2$	0.8	$m_{a_3}^{(2)}$	0.0036	0.3804	0.4161	0.1999
$b_3$	0.8	$m_{a_3}^{(3)}$	0.0299	0.1048	0.6653	0.2000
$b_4$	0.75	$m_{a_3}^{(4)}$	0.0142	0.1122	0.6236	0.2500
$b_5$	0.75	$m_{a_3}^{(5)}$	0.0069	0.4481	0.2951	0.2499
合成		$m_{a_3}$	0	0.0080	0.9920	—

同理可得  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_4$ 、 $a_5$ 、 $a_6$  的风险评估结果（计算与分析过程同上），如表 5 所示。

表 5 评估对象的 mass 函数  
Table 5 Mass function of evaluated objects

决策对象	Mass 函数	$\{x_1\}$	$\{x_2\}$	$\{x_3\}$
$a_1$	$m_1$	0.6521	0.3324	0.0155
$a_2$	$m_2$	0.1829	0.8123	0.0048
$a_3$	$m_3$	0.0000	0.0080	0.9920
$a_4$	$m_4$	0.0000	1.0000	0.0000
$a_5$	$m_5$	0.0029	0.1758	0.8213
$a_6$	$m_6$	0.0000	0.9291	0.0709

### 4.3 构造风险评估绩效函数

从 mass 函数中可以看到绩效评估结果的分布状态，而通过建立绩效函数，就可以表示出每个评估对象  $a_i$  的绩效数值，同时也可以比较每个被评估对象的风险绩效大小，并按从大到小排序。定义风险绩效函数为<sup>[11]</sup>：

$$U_i(x_j) = \max_{\{x_j\} \in \Theta} \{BEL_i(\{x_j\})\} \quad (8)$$

其中， $BEL_i(\{x_j\}) = m_{a_i}(\{x_j\})$ , ( $i, j = 1, 2, 3, 4, 5$ )。

通过比较  $U_i(x_j)$  函数值的大小，就可以得出评估对象风险大小的排序值。 $U_i(x_j)$  函数值越大，表示评估对象的风险处于该状态的可能性越大，反之，则越小。决策者可以根据  $U_i(x_j)$  函数值的大小来分析农业机械招标选型各个一级风险因素  $a_i$  的风险状态，从而做出相应的防范措施。

### 4.4 结果讨论

由表 4 可知， $U_3(x_2) = 0.0080$ ， $U_3(x_3) = 0.9920$ ，由公式 (8) 可知  $U_3(x_3) > U_3(x_2)$ ，则说明技术风险总体属于严重等级，这与实际情况也比较吻合。指标体系设立—指标权重分配—评价信息获取和处理—评价方法选取，这是一条完整的评标链<sup>[2, 15]</sup>，链条的任何一个环节出现问题，都将直接影响评标结果，因而技术风险发生的可能性最大。以指标体系的设立为例分析，指标体系的建立是评标标准制定的第一步，也是最重要的步骤之一。通常的做法是召集若干评标专家采用头脑风暴法的形式来确定各个指标，尽管各地的评标人员都花费了很多的精力放在了评标标准的制定方面，但由于评标专家的个人偏好以及评标链的整体性等问题的存在，使得评标标准制定仍然不能够让所有人满意（中标和没有中标的企业、农民用户），从而不仅增加了技术风险发生的可能性，而且也将直接影响机具选型政策的实施效果。

由表 5 可知，评估对象  $a_1$  的  $U_1(x_1) = 0.6521$ ， $U_1(x_2) = 0.3324$ ， $U_3(x_3) = 0.0155$ ，则需求风险  $a_1$  处于  $\{x_1\}$  和  $\{x_2\}$  的状态之间，由于  $U_1(x_1) > U_1(x_2)$ ，故需求风险总体处于较轻等级，这主要是由于各地在制定机具选型需求时已经充分地考虑了本地农业、农业机械化发展及农民的需求，因而存在需求错位的可能性不大。但同时也应该看到， $U_1(x_2) = 0.3324$  与  $U_1(x_1) = 0.6521$  的差距并不是太大，这表明评估专家也意识到一旦需求分析工作做的不是特别到位，就有可能促使其需求风险加大。同理可知， $a_2$  处于  $\{x_2\}$  状态，风险属于一般等级； $a_4$  处于  $\{x_2\}$  状态，风险属于一般等级； $a_5$  处于  $\{x_3\}$  状态，风险属于严重等级； $a_6$  处于  $\{x_2\}$  状态，风险属于一般等级；由以上可知，需求风险处于较轻等级；能力风险、合作风险、评标决策支持系统风险处于一般等级；技术风险和性能风险处于严重等级。

同时也注意到，技术风险和性能风险均处于严重等级，故在进行风险防范方案的制定时，首先考虑这二者。又由于  $U_3(x_3) > U_5(x_3)$ ，所以在进行因素风险控制时，优先考虑对技术风险进行防范；同理， $a_2$ 、

$a_4$ 、 $a_6$  的风险状态均处于  $\{x_2\}$ , 且  $U_4(x_2) > U_6(x_2) > U_2(x_2)$ , 所以考虑风险防范的次序是  $a_4$ 、 $a_6$  和  $a_2$ 。

综上所述, 农业机械招标选型各个因素风险大小的排序为  $a_3 > a_5 > a_4 > a_6 > a_2 > a_1$  (针对所研究的样本)。通常, 在资源、时间等要素有限的情况下, 可以优先考虑那些风险最高, 对招标选型影响最大的风险因素, 从而可以根据决策者的实际情况来调整风险防范措施。所以, 根据农业机械招标选型各个因素风险评估的排序结果, 可以依次安排风险防范方案的制定。

在确定了风险防范的顺序后, 需要考虑如何防范的问题。以减少指标体系建立过程的风险为例分析, 在借鉴有关指标体系建立相关研究成果的基础上<sup>[16-19]</sup>, 可以采取以下几个主要步骤来防范风险: 组建人员配置合理的评标专家组, 即应包括从事理论研究、质量管理、检测、实际应用等不同方面的专家; 在评标专家进行调研的基础上, 采取专家会议法, 充分发挥群体决策优势, 确定一个信息量较大的评标指标体系; 应用粗糙集理论进行属性约简, 剔除一些包含冗余信息的指标, 形成一个能够反映事物本质特征且指标相对较少的指标体系; 将初步制定的评标标准在一定范围内征求参与农业机械招标选型活动主体 (尤其是投标农机企业和农民) 的意见; 综合评标专家组及相关的征求意见, 形成最终的评标指标体系。

## 5 结 语

1) 农业机械招标选型作为国家机具购置补贴政策实施中的一个核心环节, 其结果不仅直接影响到农民、投标农机企业、各地农机管理部门的利益, 而且也将直接影响国家机具购置补贴政策的实施效果, 因而对其实施过程中的风险进行研究具有必要性;

2) 农业机械招标选型具有不确定性和复杂性等特点, 其风险因素难以准确评估和度量。而证据理论是一种处理不确定性信息的有效数据融合方法, 将其应用于农业机械招标选型的风险评估具有可行性;

3) 通过建立识别框架, 确定基本可信度分配函数, 能够把定性化指标转化为状态的定量化; Dempster 合成规则利用概率的上下限, 将多个专家对同一被考评对象的评估值很好的融合为专家集体的评估结果, 提高了群体专家决策的准确性;

4) 实证分析表明该模型有效、可行, 具有一定的实用性; 在时间、成本及技术有限的情况下, 各地可以根据自己的实际情况, 首先解决对招标选型影响最大的风险因素。基于证据理论的农业机械选型风险分析模型则为确定各个因素的风险大小提供了决策依据, 其相关研究结果也可以作为各地从事招标选型风险管理决策的参

考依据。

## [参 考 文 献]

- [1] 张天佐. 用好购机补贴政策, 推动农机化发展[J]. 农机科技推广, 2005, (5): 7-8.
- [2] 黄玉祥, 郭康权, 朱瑞祥, 等. 农业装备招标选型制度探讨及对策研究[A]. 中国农业工程学会 2007 年学术年会论文集——促进农业机械化与现代农业装备专题论文集[C].
- [3] 杨邦杰, 洪仁彪, 常瑞甫. 农业投资项目风险因素识别概述[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 29-32.
- [4] 黄广龙, 余忠华, 吴昭同. 产品设计方案的风险性研究[J]. 农业机械学报, 2001, 32(4): 67-69.
- [5] 方 芳, 于随然, 王成焘. 中国玉米燃料乙醇项目经济性评估[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 239-242.
- [6] 孙 宁, 冯利平. 利用冬小麦作物生长模型对产量气候风险的评估[J]. 农业工程学报, 2005, 21(2): 106-109.
- [7] 白人朴, 刘 敏. 农业机械购置补贴政策研究[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004.
- [8] 白人朴. 又快又好地提高我国农业机械化水平[J]. 中国农机化, 2007, (3): 3-6.
- [9] 杨善林, 陆文星, 梁昌勇. 基于证据理论的 IT 项目风险因素评估方法[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2006, 29(9): 1101-1105.
- [10] 杨善林. 智能决策方法与智能决策支持系统[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [11] 朱厚任, 杨善林, 朱卫东. 基于证据理论的公务员绩效评价分析[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2006, 29(12): 1485-1488.
- [12] 李宏坤, 马孝江, 王 珍. 基于多征兆信息融合论的柴油机故障诊断[J]. 农业机械学报, 2004, 35(1): 121-124.
- [13] 杨玉建, 杨劲松. 基于 D-S 证据理论的土壤潜在盐渍化研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(4): 30-33.
- [14] 黄玉祥, 朱瑞祥, 郭康权. 农机装备项目筛选方法探讨及决策预警[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 26(10): 130-136.
- [15] 黄玉祥, 朱瑞祥, 郭康权, 等. 基于实例推理技术的农业机械标书评价方法[J]. 农业机械学报, 2006, 37(7): 90-94.
- [16] 金 磊. 企业竞争力测评理论与方法[J]. 中国工业经济, 2003, 15(3): 5-14.
- [17] Wang Huanchen. Multidimensional value criteria and its application in the selection and design of industrial technological systems[J]. Foreign Automatization, 1982, 10(1): 11-12.
- [18] 李洪伟. 绿色产品评价理论方法研究及其在地面仿生机中的应用[D]. 长春: 吉林大学, 2004.
- [19] 黄玉祥, 郭康权, 朱瑞祥. 农业机械标书评价指标体系设计原理[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2007(3): 63-67.

## Method for evaluating the risk of selecting types of agricultural machinery based on evidence theory

Huang Yuxiang, Guo Kangquan, Zhu Ruixiang<sup>\*</sup>, He Wanli

*(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling 712100, China)*

**Abstract:** Agricultural machinery type selecting is the one of the key steps of farm machine purchase subsidy object, which has characteristics of complexity, uncertainty and imprecise. The evidence theory was applied to risk evaluation of agricultural machinery type selecting and an evaluation method for the risk evaluation was proposed. In this paper, some primary factors of risks and their sources were analyzed and risk sequels were established by considering the risks of demand, ability, technique, corporation, product capability, and decision support system of bidding evaluation. The basic probability assignment functions and the belief functions were determined according to the evidences collected through requiring surveys and the concepts and decision-making procedures based on the evidence theory. The Dumpster rule was adopted to integrate those evidences. Performance function was constructed and the risks of agricultural machinery type selecting can be compared. The case analysis shows that the evidence reasoning method is efficient and practical for risk evaluation of agricultural machinery type selecting.

**Key words:** agricultural machinery; type selection; risk evaluation; evidence theory