

专家权威和共识在科研基金立项评估中的应用

刘香芹¹, 陈 侠^{1,2}

LIU Xiang-qin¹, CHEN Xia^{1,2}

1.沈阳航空工业学院 计算机学院, 沈阳 110136

2.东北大学 工商管理学院, 沈阳 110004

1.Shenyang Institute of Aeronautical Engineering, Shenyang 110136, China

2.School of Computer, School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China

E-mail: lxiangqin@126.com

LIU Xiang-qin, CHEN Xia. Application of authority and consensus of experts in assessment of research fund project. *Computer Engineering and Applications*, 2009, 45(24): 222-224.

Abstract: According to the appraisal problem of scientific research fund project, this paper presents a research methods. First, it introduces the fuzzy multi-attribute group decision-making to the scientific research fund appraisal project, gives the fuzzy language appraisal of attribute and attribute weight, and turns it into triangle fuzzy numbers. Then, it gives the consensus analysis methods which each expert relative decision-making community judges. Considering the authority of experts and consensus views of expert groups in the situation of no consensus, it gives assembled algorithm, based on this, uses the fuzzy multi-attribute group decision-making algorithm to carry on row of superior of scientific research fund. Finally, it explains the specific appraisal process of scientific research fund project using an example.

Key words: research fund; fuzzy language appraisal; authority; consensus

摘要: 针对科研基金项目立项评估问题, 给出了一种研究方法。首先, 把模糊多属性群决策引入到科研基金项目立项评估中, 给出属性和属性权重的模糊语言评价, 并把其转化为三角模糊数; 然后, 给出各个专家相对决策群体判断的共识性分析方法, 对不共识情况综合考虑了专家权威性和专家群体意见共识性, 给出了集结算法, 并在此基础上利用模糊多属性群决策算法对科研基金立项进行排优; 最后, 利用实例说明了科研基金项目立项的具体评估过程。

关键词: 科研基金; 模糊语言评价; 权威; 共识

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.24.067 文章编号: 1002-8331(2009)24-0222-03 文献标识码: A 中图分类号: TP391

1 引言

合理地分析科研基金项目立项是规避科研基金风险的有力保障, 有利于提高科研经费的使用效率及科研项目的产出水平, 发现具有发展前景的学科新生长点和新的研究领域, 为决策制定及调整学科布局提供科学依据和建议, 使之更加适合社会经济发展的需要, 对提高重大项目的管理水平有着一定的实际意义。但是, 在实际的群决策过程中, 由于科研基金项目评估信息的模糊性、多样性、每个专家个人偏好、专业地位和权威性不完全一样等各种因素影响, 导致技术上有些评估指标和不同专家对不同属性的重要性有时无法用确定的数值来表示, 通常以模糊语言评价表示比较常见; 群决策结果上不仅考虑决策群体评判水平的共识性而且还应考虑决策者的专业权威性。该文采用模糊语言短语来表示指标值, 不同专家对不同属性的重要性, 反映系统的不确定性、专家的专业权威性。以线性组合的方式综合考虑了专家的专业权威性和专家群体的共识性, 同时采

用三角模糊数可能度方法实现对科研基金项目综合评判。最后, 通过实例分析了所述方法的实用性和科学性。

2 算法原理

2.1 模糊多属性

方案集合: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$; 属性集合: $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$;
专家集合: $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$; $A_k = (a_{ij}^k)_{n \times m}$: 决策者 d_k 针对方案集和指标属性集给出的模糊语言决策矩阵, 其中 a_{ij}^k 表示决策者 d_k 对方案 x_i 的属性 g_j 的评价值。因为多人专家群体中各个专家的知识经验、专业水平和个人偏好不完全一样, 所以对属性重要程度的看法也不完全一样, 设专家 d_k 对属性 g_j 的模糊权重为 ω_j^k , 且 ω_j^k 也为模糊语言评价。根据文献[1]对文中涉及到的模糊语言进行三角模糊数转化, 转化关系如表 1 所示。

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目(the Postdoctoral Science Fund Project of China under Grant No.20070421057); 辽宁省教育基金资助项目(the Education Fund Project of Liaoning Province of China under Grant No.20060648)。

作者简介: 刘香芹(1973-), 女, 讲师, 主要研究方向: 决策理论、计算机应用; 陈侠, 教授, 东北大学博士后研究人员。

收稿日期: 2008-05-05 **修回日期:** 2008-07-24

表1 语言变量与三角模糊数转换关系

属性值	属性重要性	三角模糊数
很差	很不重要	(0.0, 0.2)
较差	不太重要	(0.2, 0.4)
较好	较重要	(0.6, 0.7, 0.8)
很好	很重要	(0.8, 0.9, 1)
差	不重要	(0.0, 1, 0.3)
中等	中等	(0.3, 0.5, 0.7)
好	重要	(0.7, 0.8, 0.9)
非常好	非常重要	(0.9, 1, 1)

2.2 群体共识性与专家权威性

在实际的科研基金立项评估过程中, 由于各种原因, 决策结果往往不共识, 又由于专家群体中各个专家的专业权威性不完全相同, 决策发起者对他们在决策问题的不同属性下赋予不同的权重, 用 w_j^k 表示, $w_j^k \in (0, 1)$, 且 $\sum_{k=1}^h w_j^k = 1$ 。综上充分考虑决策者权威性和群体共识情况, 科研基金立项评估过程具体步骤如下。

步骤 1 为保证不同量纲之间可比性, 对 $A_k = (a_{ij}^k)_{n \times m}$ 进行规范化处理, 其中 $a_{ij}^k = (a_{ij}^{kl}, a_{ij}^{kp}, a_{ij}^{kr})$, 令规范化矩阵为 $B_k = (b_{ij}^k)_{n \times m}$, $b_{ij}^k = (b_{ij}^{kl}, b_{ij}^{kp}, b_{ij}^{kr})$ 。

$$(b_{ij}^{kl}, b_{ij}^{kp}, b_{ij}^{kr}) = \left(\frac{a_{ij}^{kl}}{\max(a_j^{kl})}, \frac{a_{ij}^{kp}}{\max(a_j^{kp})}, \frac{a_{ij}^{kr}}{\max(a_j^{kr})} \wedge 1 \right)$$

g_j 为效益型

$$(b_{ij}^{kl}, b_{ij}^{kp}, b_{ij}^{kr}) = \left(\frac{\min(a_{ij}^{kl})}{a_j^{kr}}, \frac{\min(a_{ij}^{kp})}{a_j^{kp}}, \frac{\min(a_{ij}^{kr})}{a_j^{kr}} \wedge 1 \right)$$

g_j 为成本型

步骤 2 属性权重规范化处理。

设专家 d_k 对属性 g_j 的模糊权重为 ω_j^k , 令 ω_j^{k*} 为规范化后模糊属性权重, 根据三角模糊数运算性质, 具体公式如(2)所示。

$$\omega_j^{k*} = \frac{\omega_j^k}{\sum_{j=1}^m \omega_j^k} = \left(\frac{\omega_j^{kl}}{\sum_{j=1}^m \omega_j^{kl}}, \frac{\omega_j^{kp}}{\sum_{j=1}^m \omega_j^{kp}}, \frac{\omega_j^{kr}}{\sum_{j=1}^m \omega_j^{kr}} \right) \quad (2)$$

步骤 3 属性与属性权重集结。

设专家 d_k 对方案 x_i 的属性 g_j 的规范化属性为 b_{ij}^k , 规范化模糊属性权重为 ω_j^{k*} , 令集结后的矩阵为 $B_k = (b_{ij}^k)_{n \times m}$, 具体公式如(3)所示。

$$\bar{b}_{ij}^k = b_{ij}^k \cdot \omega_j^{k*} \quad (3)$$

步骤 4 专家群体评判水平共识性分析。

设专家群体对方案集的共识指标为 δ , δ 值设置很重要, 太小对群体意见过分趋同, 太大容易使群决策结果分散, 不符合客观实际。一般 δ 值由群决策主持人和专家协商或 F 统计量决定。令专家 d_k 和专家 d_u 针对方案 x_i 的属性 g_j 的评价贴近度为 s_{ij}^{ku} ; 专家群体针对方案 x_i 的评价偏差为 s_i 。具体公式分别如下:

$$s_{ij}^{ku} = 1 - \frac{|\bar{b}_{ij}^{kl} - \bar{b}_{ij}^{ul}| + |\bar{b}_{ij}^{kp} - \bar{b}_{ij}^{up}| + |\bar{b}_{ij}^{kr} - \bar{b}_{ij}^{ur}|}{2} \quad (4)$$

$$s_i = \frac{1}{sm} \cdot \sum_{k=1}^h \sum_{u \neq k, u=1}^h \sum_{j=1}^m (1 - s_{ij}^{ku}) \quad (5)$$

如果 $s_i \leq \delta$, 则称专家群体对方案 i 共识, 若专家群体对方案集中所有方案都共识, 则可直接评估。

步骤 5 若专家群体对方案集没有达成共识, 则综合考虑专家权威性和群体共识性, 即进行线性集结。

根据文献[2]给出集结公式如下:

设专家 d_k 相对专家群体针对方案 x_i 的属性 g_j 的评价平均

贴近度为 As_{ij}^k , 组合共识性指标为 Rs_{ij}^k 。

$$As_{ij}^k = \frac{1}{h-1} \sum_{u=1, u \neq k}^h s_{ij}^{ku} \quad (6)$$

$$Rs_{ij}^k = \frac{As_{ij}^k}{\sum_{k=1}^h As_{ij}^k} \quad (7)$$

$$c_{ij}^k = \beta \cdot w_j^k + (1-\beta) \cdot Rs_{ij}^k \quad (8)$$

设集结系数为 β , 其值为主观决定的系数, 它反应决策者权重相对于其他决策者意见相符程度的重要性。如果 $\beta > 0.5$, 则集结决策者群体意见时主要看重决策者权威性; 如果 $\beta < 0.5$, 则集结决策者群体意见时主要看重群体共识性; 如果 $\beta = 0.5$, 则是一种折中情况; 如果 β 分别等于 1 和 0 时是仅考虑决策者权威性和群体意见共识性的特殊情况。从提高群决策效率的角度出发, 在意见集结过程中应当充分利用权威专家在其专业方面的知识和能力, 但是也要尽量避免少数人控制群体的局面。当群体意见难以调和一致时, 群决策一般以尊重权威, 同时兼顾多数为原则, 所以在实际决策过程中, β 值应该起到兼顾群体共识性与专家权威性的作用。将式(8)计算的集结的指标值作为加权因子, 集结方案的属性评估信息, 得到综合模糊决策矩阵 $H = (h_{ij})_{n \times m}$ 。具体公式如(9)所示。

$$h_{ij} = c_1^{ij} \otimes b_{ij}^{-1} \oplus \cdots \oplus c_h^{ij} \otimes b_{ij}^{-h} \quad (9)$$

其中 \otimes 和 \oplus 分别为三角模糊数乘法和加法运算, $h_{ij} = (h_{ij}^l, h_{ij}^p, h_{ij}^r)$ 仍为三角模糊数。

步骤 6 利用模糊多属性决策方法对科研基金立项评估。

令 $z_i = h_{i1} \oplus h_{i2} \oplus \cdots \oplus h_{im}$ 为各个科研基金立项的综合模糊评价值, 为进行 z_i 之间的比较, 采用三角函数可能度的方法比较。设 $a = (a^l, a^m, a^u)$, $b = (b^l, b^m, b^u)$ 为任意的两个三角模糊数, 令 $p(b, a)$ 为 a 大于等于 b 的可能度, 根据文献[3]给出可能度公式如下所示:

$$p(b, a) = \begin{cases} \frac{a^l - b^u}{(b^m - b^u) - (a^m - a^l)} & b^m < a^m \\ 1 & b^m \geq a^m \end{cases} \quad (10)$$

若由 $n+1$ 个三角模糊数组成的集合为 $F(a, a_1, a_2, \dots, a_n)$, 则 $a \geq a_1, a_2, \dots, a_n$ 的可能度为:

$$p(a \geq a_1, a_2, \dots, a_n) = \min(p(a, a_1), p(a, a_2), \dots, p(a, a_n)) \quad (11)$$

3 科研基金项目立项实例分析

系统开发采用 C#.net 语言^[4], 数据库采用微软的 SQL Server, 用 ADO.NET 连接数据库, 开发平台采用微软的 .NET。针对系统中涉及到的矩阵运算较多的特点, 软件开发采用了 Matlab

表2 科研基金立项评估指标

指标	子指标
立论依据及意义	对学科发展的作用,预期的社会效益、经济效益、应用发展前景等
研究方法、目标和内容	目标明确,方案合理程度,技术路线,评价目标实现的可能性,预期成果的水平
创新程度	新原理,新思路,新突破等创新程度
研究能力和研究基础	项目成员知识结构和研究水平,对项目相关研究的积累量,对国内外情况的了解,必须的研究条件
时间与成本	研究周期,研究经费

组件调用实现矩阵运算。该系统主要包括指标体系建立、专家组织、专家偏好信息预处理和提交、专家群体共识性分析、偏好信息集结、科研基金立项评估结果输出等模块。其中,指标体系和权重建立都采取了开放式、智能化结构,具有良好的兼容性和可移植性;系统界面友好,通过少量的人机对话,可对具体的科研项目立项进行评估,并输出评估结果。

3.1 指标体系

根据文献[5-6]和专家意见咨询总结得指标体系如表2所示。

指标提取遵循原则为:典型性,全面性,可行性,方向性,相对独立性和客观性。

3.2 算例

专家集(即 d_1, d_2, d_3, d_4); 科研基金项目(即 x_1, x_2, x_3, x_4); 指标属性集合(即 g_1, g_2, g_3, g_4, g_5), 其中, g_5 为成本型, 其他为效益型, 设决策发起者对各位专家权重赋予如表3所示; 各位专家对各个属性重要性语言评价如表4所示; 各位专家给出模糊偏好信息如表5所示。

表3 专家权重

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5
d_1	0.3	0.2	0.5	0.4	0.2
d_2	0.3	0.5	0.3	0.4	0.4
d_3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4

表4 专家对各个属性重要性的语言评价

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5
d_1	重要	不重要	中等	较重要	重要
d_2	中等	较重要	不重要	中等	很重要
d_3	中等	中等	不重要	较重要	中等

对决策矩阵、属性权重规范化处理后,利用式(3)对指标和指标权重集结,集结结果如表6所示。

设共识指标 $\delta=0.1$, 利用式(4)和(5)求得专家群体对各个基金项目评价的偏差分别 s_i 为: $s_1=0.12, s_2=0.077, s_3=0.11, s_4=0.0967$, 得出科研项目 x_1 和 x_3 群体不共识。设集结系数 $\beta=0.5$ 。

表6 属性与属性权重集结

科研基金项目	专家	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5
x_1	d_1	0 0.027 0.13	0 0.015 0.1	0.056 0.136 0.3	0.05 0.12 0.273	0 0.135 0.29
	d_2	0.024 0.09 0.27	0 0.052 0.176	0 0.004 0.0495	0 0.018 0.115 5	0 0.33 0.5
	d_3	0.054 0.154 0.42	0.08 0.22 0.47	0 0.032 0.2	0.054 0.15 0.413	0 0.0275 0.155
x_2	d_1	0 0.054 0.156	0 0.003 0.043	0.024 0.085 0.234	0.05 0.12 0.273	0 0.054 0.168
	d_2	0 0.036 0.14	0.051 0.13 0.312	0 0.032 0.15	0.07 0.18 0.35	0 0.04 0.165
	d_3	0.054 0.154 0.42	0.08 0.22 0.47	0 0.032 0.2	0 0.06 0.233	0 0.027 5 0.155
x_3	d_1	0 0.054 0.156	0 0.006 0.057	0.024 0.085 0.234	0.05 0.12 0.273	0 0.054 0.168
	d_2	0.072 0.18 0.35	0.153 0.26 0.4	0 0.02 0.117	0.024 0.09 0.273	0 0.066 0.215
	d_3	0 0 0.1	0.027 0.11 0.33	0 0.008 0.088	0.16 0.3 0.53	0 0.027 5 0.155
x_4	d_1	0 0.027 0.128 7	0 0.003 0.043	0.024 0.085 0.234	0.05 0.12 0.273	0 0.027 0.117
	d_2	0.024 0.09 0.273	0 0 0.088	0 0.04 0.15	0 0 0.077	0 0.066 0.215
	d_3	0.063 0.176 0.47	0.063 0.176 0.47	0 0.02 0.156	0.054 0.15 0.413	0 0.044 0.202

表7 综合模糊决策矩阵

x_1	0.027 4	0.174 0.282 9	0.024 5	0.139 0.252 5	0.018 0.054	0.167 4	0.032 7	0.097 0.263 8	0 0.166 9	0.315 7
x_2	0.019 4	0.084 0.244 7	0.047 3	0.125 8 0.292	0.01 0.054	0.198	0.044 0.125 7	0.293	0 0.039	0.161 7
x_3	0.023	0.074 0.197	0.072	0.147 5 0.291	0.01 0.043 8	0.158	0.068 7	0.154 6 0.335	0 0.048	0.179 9
x_4	0.031	0.101 0.298	0.018 9	0.054 0.189	0.009 9	0.053 4 0.187	0.032 6	0.084 6 0.238	0 0.047	0.184

表5 各位专家对科研基金立项的语言评价

科研基金项目	专家	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5
x_1	d_1	差	中等	好	中等	较差
	d_2	中等	较差	差	差	差
	d_3	较好	非常好	好	中等	好
x_2	d_1	较差	差	中等	中等	中等
	d_2	较差	中等	好	非常好	好
	d_3	较好	非常好	好	较差	好
x_3	d_1	较差	较差	中等	中等	中等
	d_2	非常好	非常好	中等	中等	中等
	d_3	很差	中等	较差	非常好	好
x_4	d_1	差	差	中等	中等	非常好
	d_2	中等	很差	非常好	很差	中等
	d_3	好	好	中等	中等	中等

利用式(4)~(9)得出综合模糊决策矩阵 $H=(h_{ij})_{n \times m}$ 如表7所示。

根据式(10)和(11): $p(z_1 \geq z_2, z_3, z_4)=1, p(z_2 \geq z_1, z_3, z_4)=0.84, p(z_3 \geq z_1, z_2, z_4)=0.86, p(z_4 \geq z_1, z_2, z_3)=0.77$, 得到科研基金立项评估向量为: $(1, 0.84, 0.86, 0.77)$, 所以科研基金立项评估优先顺序为: $z_1 > z_3 > z_2 > z_4$, 该结果与人工判断的实际情况相吻合。在某些特殊的实例中, 集结系数 β 的不同取值, 会使群决策评估结果有差异, 因此决策问题的发起者选择合适的集结系数 β , 从而确定符合客观实际的群决策评估结果值得进一步研究。

4 结束语

在分析科研基金项目立项评估应该考虑的主要问题基础上, 建立了一套适用于科研基金项目立项评估的指标体系; 并将模糊多属性群决策方法引入到科研基金项目立项评估中, 讨