

科研项目立项评估研究

程安亭, 王 雄

(中南大学 商学院, 湖南 长沙 410083)

摘 要: 科研项目立项评估属于多属性群决策问题。建立了一个基于FWGA算子和FOWGA算子相结合的科研项目立项评估模型。该模型使用FWGA算子对专家所给出的各备选科研项目的属性模糊评估信息, 根据其重要性程度进行集结, 在此基础上, 再利用FOWGA算子对专家给出的对应于同一备选科研项目的综合模糊评估信息进行集结, 阐述了具体的计算过程, 并进行了应用实例分析。

关键词: 科研项目; 立项评估; FWGA算子; FOWGA算子; 三角模糊数

中图分类号: G311

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2008)07-0164-04

0 引言

科研项目立项评估是一项复杂的社会人文活动, 其重要意义不言而喻。随着科学技术的不断进步, 我国科技投入力度不断加大, 如何客观、公正、合理、全面地对所申报的科研项目进行评价, 选择最符合条件的优秀项目给予资助, 提高科研经费的使用效率, 以便利用有限的资源合理地创造出更大的经济效益和社会效益, 历来是评判机关和广大科研管理工作者的不断探索的课题。目前科研项目立项评审一般按照初审(形式审查)、同行专家评议、综合处理、学科评审组或专业委员会复议的程序进行^[1], 其中同行专家评议和综合处理是评审过程中最主要的两个环节, 前者主要是定性判断, 后者主要是量化评分。现有的评估方法存在诸多缺陷^[2], 主要表现在: 专家判断映射失真。每位评审专家对项目的结论性评价意见只能是特优、优、良、中、差 5 个等级中的唯一等级, 非此即彼, 这与实际情况不一定相符。不完全信息难以描述。科研项目往往具有超前性、探索性、隐含性和不可预知性, 再加上评审专家对评价标准掌握、理解不可能完全一致, 难以给出确切的判断, 导致最终结论中的等级评定含有不完全信息, 而现有的评估方法对不完全信息难以描述。对多位专家评审意见的综合过于简单, 量化信息过于粗糙。科研基金管理部门对多位专家评审意见的综合过于简单, 最终评定等级的量化值只能取有限个离散值, 这势必会丢失许多有用的信息, 导致多个项目的优劣从指标值上无法区分。为了对现有评估方法进行改进, 一些学者进行了许多有益的探索^[2-7]。

影响科研项目立项评估的因素众多, 而且多是模糊的、难以量化的定性指标, 其评审建立在评审者的知识水平、认知能力和个人偏好上, 难以排除人为因素的影响。再加上人类思维的模糊性, 评审专家在对诸如立项依据和意义、研究目标和内容、创新程度等定性指标进行评估时, 所呈现出的“亦此亦彼”特性, 都没有绝对分明的界限, 一般用“优”、“良”、“差”等模糊语言形式给出。在同行专家评议阶段, 各评审专家根据其个人的知识、经验和观点, 对通过形式审查的每个项目, 根据科研基金委员会确定的指标体系及其评价标准, 要求进行综合的学术评价, 本质上是各专家对每个评审项目中各指标模糊评估信息的集结; 在综合处理阶段, 由相关学科的管理专家根据学科发展的有关政策, 综合参与评议的专家意见, 给出科研项目的综合评议结论, 本质上是对多个专家关于同一项目的综合模糊评估信息的集结。这两个集结过程是否合理, 将直接影响到科研项目立项的科学性和客观性, 因此, 开展对科研项目模糊评估信息集结方法和模型的深入研究具有重要意义。

1 基于FWGA算子及FOWGA算子的科研项目评估模型

1.1 科研项目立项评估的指标体系

科研项目立项评审是一个广泛而复杂的问题, 评审时应尽量根据科学研究的特点, 采用多项评审指标全面考察项目的各个要素和整体情况。按照国家自然科学基金项目立项评审指标体系设计的系统性、科学性、可比性和可操作性原则和标准, 本文将科研项目立项的评价指标设为以

收稿日期: 2007-03-06

基金项目: 教育部博士点基金项目(20030533017); 国家社会科学基金项目(06BJY109)

作者简介: 程安亭(1956-), 男, 吉林人, 中南大学商学院博士研究生, 研究方向为管理科学与工程; 王雄(1964-), 男, 湖南洞口人, 中南大学商学院博士研究生, 研究方向为管理科学与工程。

下几个方面: 立论依据及意义; 研究目标和内容; 研究方法和技术路线; 创新程度; 研究能力与工作基础。每一方面均分特优、优、良、中、差 5 个等级, 由同行专家在评议阶段根据个人的知识、经验、观点以及科研基金委员会确定的评价标准和要求给出。因此, 评估信息的模糊语言标度为:

$$S = \{s_1 = \text{特优}, s_2 = \text{优}, s_3 = \text{良}, s_4 = \text{中}, s_5 = \text{差}\}$$

并假设与之相对应的三角模糊数^[8,9]表达形式为:

- 特优: $= [80, 90, 100]$
- 优: $= [70, 80, 90]$
- 良: $= [60, 70, 80]$
- 中: $= [50, 60, 70]$
- 差: $= [40, 50, 60]$

1.2 确定专家 d_k 对科研项目 x_i 的综合属性值

设 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为待评审的科研项目的集合; $A = \{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5\} = \{\text{立论依据及意义, 研究目标和内容, 研究方法和技术路线, 创新程度, 研究能力与工作基础}\}$ 为指标(属性)集; $\theta = (\theta(1), \theta(2), \dots, \theta(5))^T$ 为指标权重向量, 可由层次分析法(AHP)确定^[10]。其中, $\theta(j) \in [0, 1], \sum_{j=1}^5 \theta(j) = 1$; $D = (d_1, d_2, \dots, d_m)$ 为专家集, 第 k 位专家 d_k 依据其经验和知识, 给出待评审科研项目 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ 在属性 $A_i (i=1, 2, \dots, 5)$ 下的属性值 e_{ij}^k 有: 从而构成三角模糊数评估矩阵 $E_k (k=1, 2, \dots, m)$, 且

$$E_k = (e_{ij}^k)_{n \times 5} = \begin{bmatrix} e_{11}^k & e_{12}^k & \dots & e_{15}^k \\ e_{21}^k & e_{22}^k & \dots & e_{25}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ e_{n1}^k & e_{n2}^k & \dots & e_{n5}^k \end{bmatrix}$$

其中, $e_{ij}^k (k=1, 2, \dots, m; i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, 5)$ 为三角模糊数。

运用 FWGA 算子^[11]对评估矩阵 E_k 中第 i 行的模糊属性值进行集结, 得到评审专家 d_k 对科研项目 x_i 的综合属性评估值 e_i^k :

$$e_i^k = f(e_{i1}^k, e_{i2}^k, \dots, e_{i5}^k) = \prod_{l=1}^5 (e_{il}^k)^{\theta(l)} \quad (i=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

其中, e_{il}^k 为三角模糊数, 且由三角模糊数运算法则可知^[12], e_i^k 也为三角模糊数, $\theta(l)$ 为第 l 个属性 A_l 的权重值。

1.3 确定科研项目 x_i 的群体综合属性值

利用 FOWGA 算子^[12, 13]对 m 位评审专家给出的科研项目 x_i 的综合属性评估值 $e_i^k (k=1, 2, \dots, m)$ 进行集结, 得到科研项目 x_i 的群体综合属性值 e_i :

$$e_i = g(g^1, e_i^2, \dots, e_i^m) = \prod_{j=1}^m (b_j)^{\lambda(j)}, i=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

其中, $\lambda = (\lambda(1), \lambda(2), \dots, \lambda(m))^T$ 是与 g 相关联的加

权向量, 可由下式确定^[14, 15]:

$$\lambda(j) = Q(j/m) - Q((j-1)/m), j=1, 2, \dots, m \quad (3)$$

式(3)中, 模糊语义量化算子 Q 由下式给出:

$$Q(r) = \begin{cases} 0, & \text{若 } r < a \\ \frac{r-a}{b-a}, & \text{若 } a \leq r \leq b \\ 1, & \text{若 } r > b \end{cases} \quad (4)$$

式(4)中, $a, b, r \in [0, 1]$ 对应于模糊语义量化准则: “大多数”、“至少半数”、“尽可能多”3 项, 其算子 Q 中参数分别为 $(a, b) = (0.3, 0.8)$; $(a, b) = (0, 0.5)$; $(a, b) = (0.5, 1)$ 。

b_j 是数据集合 $\{e_1^1, e_1^2, \dots, e_1^m\}$ 的降序排列中第 j 个元素, 其确定步骤如下: 对三角模糊数集合 $\{e_1^1, e_1^2, \dots, e_1^m\}$ 中所有元素 $e_i^k (k=1, 2, \dots, m)$ 进行两两比较, 并建立可能度矩阵(模糊互补判断矩阵) $p^i = (p_{ij}^i)_{m \times m}$, 其中 $p_{ij}^i = P(e_i^j, e_i^i)$ 。然后由模糊互补判断矩阵排序的一个简洁公式^[16], 可得:

$$p_j^i = \frac{\sum_{l=1}^m p_{jl}^i + \frac{m}{2} - 1}{m(m-1)} \quad j=1, 2, \dots, m \quad (5)$$

求得排序向量 $\rho_i = (\rho_i^1, \rho_i^2, \dots, \rho_i^m)$, 再按 $\rho_i^j (j=1, 2, \dots, m)$ 的大小对 $e_i^j (j=1, 2, \dots, m)$ 进行排序, 并得到 $b_j (j=1, 2, \dots, m)$ 。

1.4 待评审科研项目的排序和择优

由前述 1.3 可知, 科研项目 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ 的群体综合属性值 $e_i (i=1, 2, \dots, n)$ 为三角模糊数, 对三角模糊数集合 $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ 中所有元素 $e_k (k=1, 2, \dots, n)$ 进行两两比较, 建立可能度矩阵 $p = (p_{\alpha\beta})_{n \times n}$, 其中 $p_{\alpha\beta} = P(e_\alpha, e_\beta)$ 。然后再由模糊互补判断矩阵排序的一个简洁公式^[16], 可得:

$$\rho_j = \frac{\sum_{l=1}^m p_{jl} + \frac{n}{2} - 1}{m(n-1)} \quad j=1, 2, \dots, n \quad (6)$$

求得排序向量 $\rho = (\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n)$, 再按 $\rho_j (j=1, 2, \dots, n)$ 的大小对 $e_j (j=1, 2, \dots, n)$ 进行排序, 并得到最优科研项目。

2 应用算例

以国家自然科学基金项目立项评估为例, 假设由 5 名同行评审专家 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_5\}$ 依据“1.1”所示的评价指标和模糊语言标度, 对所申报的 6 项科研项目 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_6\}$ 进行评价, 并给出如下的三角模糊数评估矩阵, 试优选出两项予以审批、资助。

$$E_1 = \begin{bmatrix} s_2 & s_1 & s_3 & s_4 & s_2 \\ s_3 & s_2 & s_3 & s_4 & s_3 \\ s_4 & s_2 & s_3 & s_4 & s_4 \\ s_3 & s_1 & s_3 & s_4 & s_4 \\ s_2 & s_1 & s_3 & s_4 & s_2 \\ s_3 & s_3 & s_3 & s_4 & s_3 \end{bmatrix} \quad E_2 = \begin{bmatrix} s_3 & s_2 & s_3 & s_2 & s_1 \\ s_3 & s_2 & s_3 & s_2 & s_2 \\ s_4 & s_4 & s_4 & s_3 & s_4 \\ s_3 & s_4 & s_4 & s_4 & s_4 \\ s_3 & s_2 & s_3 & s_2 & s_1 \\ s_3 & s_3 & s_3 & s_4 & s_3 \end{bmatrix}$$

$$E_3 = \begin{bmatrix} s_4, s_2, s_4, s_3, s_3 \\ s_4, s_4, s_4, s_3, s_3 \\ s_4, s_2, s_2, s_3, s_3 \\ s_4, s_4, s_4, s_3, s_3 \\ s_4, s_1, s_4, s_3, s_3 \\ s_5, s_2, s_4, s_3, s_4 \end{bmatrix} \quad E_4 = \begin{bmatrix} s_3, s_4, s_5, s_4, s_2 \\ s_3, s_3, s_5, s_4, s_2 \\ s_3, s_4, s_5, s_4, s_4 \\ s_3, s_4, s_5, s_4, s_2 \\ s_3, s_4, s_5, s_4, s_1 \\ s_3, s_5, s_5, s_3, s_2 \end{bmatrix}$$

$$E_5 = \begin{bmatrix} s_4, s_2, s_2, s_2, s_3 \\ s_4, s_2, s_3, s_2, s_3 \\ s_4, s_2, s_2, s_3, s_2 \\ s_4, s_4, s_5, s_4, s_3 \\ s_4, s_1, s_2, s_2, s_3 \\ s_4, s_3, s_3, s_3, s_3 \end{bmatrix}$$

假设由层次分析法(AHP)确定出科研项目的指标(属性)权重向量为: $\theta=(0.24 \ 0.16 \ 0.20 \ 0.22 \ 0.18)^T$, 运用 FWGA 算子对模糊评估矩阵 E_1 中第 1 行的模糊属性值进行集结, 得到第 1 位评审专家 d_1 对科研项目 x_1 的综合属性评估值 e_1^1 , 即由式(1)及三角模糊数的运算法则可得:

$$e_1^1 = f(s_2, s_1, s_3, s_4, s_2) = (s_2)^{0.24} \otimes (s_1)^{0.16} \otimes (s_3)^{0.20} \otimes (s_4)^{0.22} \otimes (s_2)^{0.18} = [64.40, 74.51, 84.59]$$

重复以上步骤, 可得到第 1 位评审专家 d_1 对其它 5 项科研项目的综合属性评估值为:

$$e_2^1 = [59.08, 69.13, 79.16] \quad e_3^1 = [54.73, 64.80, 74.84]$$

$$e_4^1 = [58.41, 68.51, 78.60] \quad e_5^1 = [64.39, 74.51, 84.59]$$

$$e_6^1 = [57.64, 67.67, 77.68]$$

类似地, 可得到其它 4 位评审专家分别对这 6 项科研项目的综合属性评估值为:

$$e_1^2 = [67.00, 77.05, 87.10] \quad e_2^2 = [65.41, 75.43, 85.45]$$

$$e_3^2 = [52.05, 62.07, 72.09] \quad e_4^2 = [52.24, 62.26, 72.28]$$

$$e_5^2 = [67.00, 77.05, 87.10] \quad e_6^2 = [54.02, 64.12, 74.19]$$

$$e_1^3 = [56.76, 66.82, 76.87] \quad e_2^3 = [53.78, 63.81, 73.84]$$

$$e_3^3 = [60.71, 70.78, 80.84] \quad e_4^3 = [53.78, 63.81, 73.84]$$

$$e_5^3 = [57.98, 68.09, 78.81] \quad e_6^3 = [52.06, 62.21, 72.32]$$

$$e_1^4 = [53.08, 63.22, 73.33] \quad e_2^4 = [54.65, 64.80, 74.91]$$

$$e_3^4 = [49.96, 60.03, 70.09] \quad e_4^4 = [53.08, 63.22, 73.33]$$

$$e_5^4 = [54.37, 64.58, 74.73] \quad e_6^4 = [53.31, 63.52, 73.67]$$

$$e_1^5 = [62.80, 72.89, 82.96] \quad e_2^5 = [60.89, 70.97, 81.02]$$

$$e_3^5 = [62.42, 72.50, 82.57] \quad e_4^5 = [49.41, 59.48, 69.53]$$

$$e_5^5 = [64.16, 74.28, 84.37] \quad e_6^5 = [57.43, 67.46, 77.48]$$

再运用 FOWGA 算子对 5 位评审专家给出的科研项目 x_k 的综合属性评估值 e_k^i ($k=1, 2, \dots, 5$) 进行集结。在“模

糊多数”准则下(即令参数对为 $(a, b)=(0.3, 0.8)$), 由式(3)和式(4), 求得 FOWGA 算子 g 相关联的加权向量为:

$$\lambda = (\lambda(1), \lambda(2), \dots, \lambda(5))^T = (0, 0.20, 0.40, 0.40, 0)^T$$

对科研项目 x_k 的综合属性评估值 e_k^i ($k=1, 2, \dots, 5$) 进行两两比较(假设决策者是风险中立的, 即 $\beta=0.5$), 建立可能度矩阵 p^1 如下:

$$p^1 = \begin{bmatrix} 0.50 & 0.37 & 0.88 & 1.00 & 0.53 \\ 0.63 & 0.50 & 1.00 & 1.00 & 0.71 \\ 0.12 & 0 & 0.50 & 0.68 & 0.20 \\ 0 & 0 & 0.32 & 0.50 & 0.02 \\ 0.42 & 0.29 & 0.80 & 0.98 & 0.50 \end{bmatrix}$$

由式(5), 求得排序向量 $\rho_1=(\rho_1^1, \rho_1^2, \dots, \rho_1^5)=(0.2393, 0.2667, 0.1498, 0.1171, 0.2247)$, 根据排序向量 ρ_1 , 可知:

$$e_1^2 > e_1^1 > e_1^5 > e_1^3 > e_1^4$$

因此, 降序排列 b_j ($j=1, 2, \dots, 5$) 为:

$$b_1=e_1^2; b_2=e_1^1; b_3=e_1^5; b_4=e_1^3; b_5=e_1^4$$

则由式(2)及三角模糊数的运算法则可得到科研项目的群体综合属性值为:

$$e_1 = g(e_1^1, e_1^2, \dots, e_1^5) = (e_1^2)^0 \otimes (e_1^1)^{0.2} \otimes (e_1^5)^{0.4} \otimes (e_1^3)^{0.4} \otimes (e_1^4)^0 = [60.62, 70.71, 80.81]$$

类似地, 可得其它 5 项科研项目的群体综合属性评估值分别为:

$$e_2 = [57.61, 67.72, 77.79]$$

$$e_3 = [54.77, 64.83, 74.87]$$

$$e_4 = [52.88, 62.95, 73.01]$$

$$e_5 = [61.66, 71.78, 81.88]$$

$$e_6 = [54.40, 64.53, 74.63]$$

同样地, 再对群体综合属性评估值 e_k ($k=1, 2, \dots, 6$) 进行两两比较, 建立可能度矩阵 p , 由式(6), 求得排序向量 ρ , 根据排序向量 ρ , 可得(限于篇幅, 计算过程从略):

$$e_5 > e_1 > e_2 > e_6 > e_3 > e_4$$

因此, 该 6 个科研项目的排序为:

$$x_5 > x_1 > x_2 > x_6 > x_3 > x_4$$

故拟选取 x_5 和 x_1 予以审批、资助。

3 结语

科研基金项目立项评估是科研管理的核心。采用科学、合理的方法对模糊评估信息进行集结, 是科研项目立项评估的重要环节。本文首先运用 FWGA 算子对每一位评审专家所给出的某一备选科研项目的全部属性模糊评估信息, 根据其重要性程度进行集结。该算子的特点是: 若科研项目的某一属性值偏低, 这将对该科研项目的整体评价产生显著的影响, 这与科研项目立项评估的实际情况相符(如: 若某一科研项目的创新程度很差, 则该科研项目一

定不会立项)。然后运用 FOWGA 算子对不同评审专家所给出的同一备选科研项目的综合模糊评估信息进行集结。由于在对多位专家评审意见的综合过程中,往往会出现个别评审专家受个人感情等主观因素的影响,对某一科研项目作出过高或过低的评价,从而导致不合理的评估结果。运用 FOWGA 算子尽可能地消除了这些不公正因素的影响,减少了各种人为因素造成的误差,从而增强评估结果的合理性,能更好地反映现实情况,为科学、客观、合理地评价科研项目提供了新的途径。

参考文献:

- [1] 杨列勋.研究与开发项目评估及应用[M].北京:科学出版社,2002.
- [2] 肖人毅,王长锐.科研基金项目立项评估方法的研究与改进[J].系统工程理论与实践,2004(5):66~71.
- [3] 周春喜.基于灰色理论的科研项目立项评审[J].科学学与科学技术管理,2006(4):39~43.
- [4] 王其冬,武佩珍.层次分析法在国家自然科学基金项目评审中的应用[J].系统工程理论与实践,2001(7):119~123.
- [5] 张守华,孙兆辉,祝志明.层次灰色方法在科研项目评估中的应用研究[J].系统工程与电子技术,2005,27(10):1744~1747.
- [6] 陈学中,盛昭瀚,李文喜.科研项目选择的 0-1 目标规划模型[J].科研管理,2005,26(4):117~121.
- [7] 陈致宇,陈世权,吴今培.科研项目立项评审智能管理系统[J].科研管理,2002,23(4):132~138.
- [8] Van Laarhoven P J M, Pedrycz W. A fuzzy extension of saaty's priority theory[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1983, 11: 229~241.
- [9] Facchinetti G, Ricci R G, Muzziadis. Note on Ranking Fuzzy Triangular Number[J]. International Journal of Intelligent System, 1998, 13: 613~622.
- [10] Saaty T L. The Analytic Hierarchy Process[M]. Pittsburgh: University of Pittsburgh, 1988.
- [11] Aczel J, Saaty T L. Procedures for synthesizing ratio judgments[J]. Journal of Mathematical Psychology, 1983, 27: 93~102.
- [12] 徐泽水.一种 FOWG 算子及其在模糊 AHP 中的应用[J].系统工程与电子技术,2002,24(7):31~33.
- [13] Xu Z S, Da Q L. The ordered weighted geometric averaging operators [J]. International Journal of Intelligent Systems, 2002, 17: 709~716.
- [14] Herrera F, Herrera-Viedma E, Chiclana F. Multiperson decision-making based on multiplicative preference relations [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 129: 372~385.
- [15] Yager R R. On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multi-criteria Decision Making [J]. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, 1988, 18: 183~190.
- [16] 徐泽水.模糊互补判断矩阵排序的一种算法[J].系统工程学报,2001,16(4):311~314.

(责任编辑:赵贤瑶)

Study on Assessment for Scientific Research Projects

Abstract: The scientific research projects belongs to a multi-attribute group decision-making problem. The paper combines the fuzzy weighted geometric averaging (FWGA) operator and the fuzzy ordered weighted geometric averaging (FOWGA) operator to set up a scientific research projects selection assessments model. Taking the importance degree of every attribute into account, the model utilizes the FWGA operator to aggregate the candidate' attribute fuzzy evaluation information which is given by the expert, On the basis of this, it uses the FOWGA operator to aggregate the comprehensive fuzzy appraisal information that is given by all of the experts. Finally, an illustrative example is supplied to demonstrate its application. It offers a set of more feasible methods for appraising and optimum seeking scientific research projects objectively and scientifically.

Key Words: Scientific Research Project; Assessments; FWGA Operator; FOWGA Operator; Triangular Fuzzy Numbers