

文章编号:1671-6833(2014)02-0060-05

基于熵权决策法的项目选择比较模型研究

罗 勇, 朱 波

(郑州大学 电气工程学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 科研项目的立项需对多项目进行优选. 为选择最优的科技项目方案, 获得公正、客观的项目立项评估结果, 利用可信度分析, 基于熵权决策法, 对多项目优选问题进行研究. 首先, 针对评估专家研究背景不同引起的主观误判问题, 提出了一种新型的专家可信度计算方法, 对不同专家评分的可信度进行量化, 在此基础上构造熵权决策模型, 对项目立项评估结果进行计算, 并据此完成最优项目选择决策. 最后, 通过数值仿真对多个科技项目进行评估优选, 验证了本模型的有效性.

关键词: 科技项目立项评估; 可信度分析; 熵权决策法

中图分类号: X703.1 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2014.02.014

0 引言

科技项目立项评估是科学技术管理体系中的重要环节, 它是管理过程的出发点, 对于加强科技项目管理, 提高科技资源配置的有效性和投资效益有着重要作用. 目前, 很多国家都已建立了科技项目评估体系, 并形成制度化^[1]. 传统的科技项目评估方法主要包括指标评价^[2]、同行评价法^[3]和过程评价法等. 国内外在项目评估领域开展了广泛的研究^[4-6]. Fayolle, A. 等采用 Robert L. Hammond 基于目标的评价模型进行了理工科创业项目评估^[7]. 林成刚等提出了基于层次分析法的指标赋权方案^[8]. 马丽娜等采用层次灰色方法建立了优选决策模型^[9]. 由于科技项目的多样性和技术不确定性, 使得各种评估方法的出发点、解决思路不一样, 因此其适用范围和评估效果也不相同.

熵权决策法也是项目立项评估的一种重要方法, 广泛应用于工程技术类项目立项评估^[10-11]. 用熵来度量各决策数据所提供的有用信息量, 已成为评估决策效果的有效方法. 熵权法可弥补传统项目优选的不足, 应用严谨的数学规律进行计算, 使选择结果更具有客观性. 但是, 熵权决策中需要专家对项目各指标进行评估打分, 评估专家的技术背景和个人偏好不尽相同, 导致对项目的

熟悉程度和主观意愿存在明显差异, 从而使得评估专家的主观因素影响项目评估结果, 降低了项目评估的准确性和客观性. 以上方法均不可避免的需要专家参与, 专家的主观因素将对项目评分产生不可预料的影响, 无法克服评估时主观性强的缺点, 导致项目评估不准确.

为克服专家的主观性对评估结果的影响, 笔者以选举中常用的波达计数法为基础, 构造了一种新型的可信度计算方法, 对专家评估的可信度进行量化. 首先, 通过历史测试评价, 利用笔者的可信度计算方法, 求出每个专家的可信度值, 再利用专家评估可信度值, 计算出专家评分的可信分值(即专家评分的客观指标分数), 以及项目指标的可信权重, 接着利用熵权决策法对各项目进行量化, 得到项目的综合得分, 据此评出项目的优劣, 最后通过仿真实例对多个项目的立项进行决策优化.

1 评估系统总体架构

笔者针对多个科技项目的立项进行评估, 利用可信度分析, 基于熵权决策法, 对多项目优选问题进行建模. 首先, 利用已有项目样本对专家进行测试, 通过对测试结果进行可信度分析, 可计算出各专家的可信度值. 针对待评估项目, 由各专家给出主观的权值和主观的评分值, 再将其与对应专

收稿日期:2013-12-02; 修订日期:2014-02-19

基金项目: 郑州大学研究生教育研究项目(YJSJY201132)

作者简介: 罗勇(1977-), 男, 湖南桃源人, 郑州大学教授, 博士, 主要研究智能决策与优化、模式识别与智能系统、智能传感器和仪器仪表等, E-mail: luoyong@zzu.edu.cn.

家的可信度值相乘,即可获得各专家对待评估项目该指标的可信权值和可信评分值.接着将多个专家对待评估项目该指标的可信权值和可信评分值取平均,即可获得对待评估项目该指标的可信权值和可信评分值.再将该指标的可信权值和可信评分值输入熵权决策模型,由其计算出待评估项目的综合权重及最终得分.最后,根据最终得分,对多个待评估项目进行排序和优选,即可完成基于可信度分析的整个熵权决策过程.

整个决策模型的具体实现流程如图 1 所示.首先,利用各专家项目评估的历史测试数据进行

可信度分析,得出每位专家的可信度值.然后,针对某一个待评估项目,由各专家给出每项指标的主观权重和主观得分.再将所有专家的主观权重和主观得分与专家对应的可信度值相结合,利用式(2)与式(3)计算,得出待评估项目的各指标可信权重和可信分值.接着,应用熵权法逐步计算综合权重.上述可信分值经过式(7)、式(8)计算,得出得到各指标熵和熵权值,熵权值与可信权重由式(9)计算得出各指标综合权重.最后由可信分值和综合权重经式(10)加权求和,求出各项目最终得分.

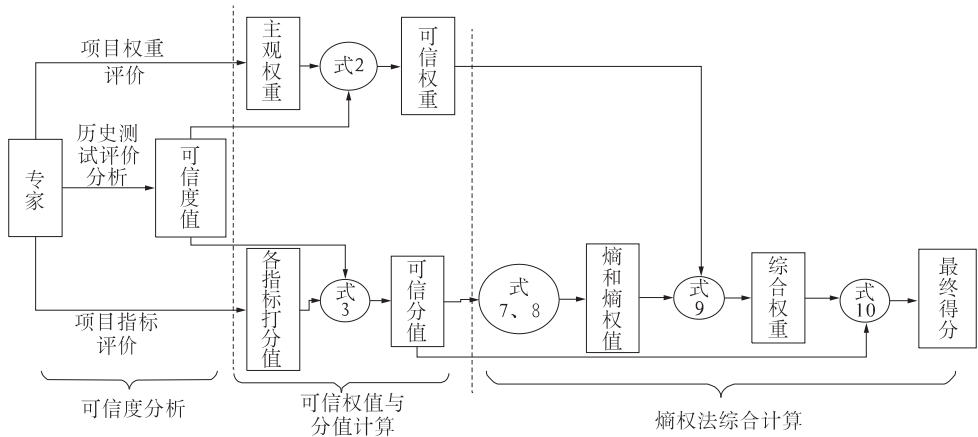


图 1 评估系统实现流程

Fig.1 General structure of evaluation methods

2 可信度分析

现实中的决策问题由多个条件限制,由于决策问题的不确定性和复杂性,不是所有的条件都能够同时得到满足.由于时间的限制、数据的缺少、有限的专业知识等,决策者对于每个问题的判断并不总是准确.正如项目评估中,由于评估专家的个人偏好和技术背景的差异,对评估指标把握不够,可能出现误判,直接影响项目优选的结果,最终导致好的项目被埋没,造成低效资源配置.所以,为了提高项目评估选择的客观性,避免专家主观误判,笔者引入了可信度概念,最大限度地消除专家主观因素对项目评估的影响.

波达计数法或波达规则是国际上使用较为广泛的偏好排序方法之一.笔者基于该方法对专家打分的可信度值进行量化.波达计数法要求每个决策者对所有备选方案进行排序,然后,根据其排名分配一定的分数,排名越靠前的方案,其分数就越高;最后将每个备选方案的所有得分相加,得分最高的方案即为最佳方案^[12-13].

若存在一正确的项目最优排序,让各专家在不知道其最优排序的情况下对这些项目进行排序,排序越接近最优排序的专家可认为他的可信度值越高.

假设原有 N 个项目,其正确排序为 W ,正确最优排序 M 中有个子集.某专家个人给出的最优排序为 Q , Q 中也为 2^N 个子集,找出 Q 中与 W 相同的子集和子集个数 E ,则可认为该专家的可信度

$$G_z = \frac{E}{2^N}. \tag{1}$$

3 可信权值与分值计算

3.1 专家评估

专家评估包括专家对项目指标权重的评分和各指标的评分.其中,专家 z 对项目 m 中评估指标 n 的权重给出的个人主观权重值记为: \bar{P}_n^z ,对项目 m 指标 n 的打分值记为: \bar{x}_{mn}^z .

3.2 可信权值

基于专家 z 给出的指标 n 的主观权重 \bar{P}_n^z ,结合专家的可信度值 G_z ,可计算得出指标 n 的可信权

重值

$$\bar{P}_n^z = \frac{\sum_{z=1}^Z G_z * \bar{P}_n^z}{Z}, \quad (2)$$

式中: Z 为专家的总人数.

3.3 可信分值

将各专家对项目 m 的指标 n 的打分 \bar{x}_{mn}^z 与该专家的可信度相乘, 获得该专家对项目 m 的指标 n 的可信分值. 再将所有专家的可信分值取平均值, 可获得项目 m 指标 n 的可信分值

$$x_{mn} = \frac{\sum_{z=1}^Z G_z * \bar{x}_{mn}^z}{Z}, \quad (3)$$

式中: G_z 为专家 z 的可信度值. 设有 M 个申请项目, 每个项目有 N 个评估指标, 则经公式(3) 计算, 可得出各项目各指标的可信分值, 并构成 $M \times N$ 阶矩阵 A . A 的列向量表示一个项目的 N 个指标值, 而 A 的行向量表示 M 个项目的某个指标值

$$A = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1N} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2N} \\ \cdots & \cdots & x_{mn} & \cdots \\ x_{M1} & x_{M2} & \cdots & x_{MN} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

4 熵权法计算

4.1 确定目标矩阵

为便于分析, 需通过标准化. 将指标无量纲化. 指标一般可分为成本型、效益型和固定型 3 种, 可使用不同的标准化方法, 分别对以上 3 类指标进行标准化处理. 如公式(5) 所示

$$\begin{cases} r_{mn} = \frac{\max(x_{mn}) - x_{mn}}{\max(x_{mn}) - \min(x_{mn})} (n \in I_1) \\ r_{mn} = \frac{x_{mn} - \min(x_{mn})}{\max(x_{mn}) - \min(x_{mn})} (n \in I_2), \\ r_{mn} = \frac{1 - |x_{mn} - r_n|}{\max |x_{mn} - r_n|} (n \in I_3) \end{cases} \quad (5)$$

式中: $\max(x_{mn}) = \max_{1 \leq i \leq M} (x_{in})$, I_1 为成本型指标, 表示指标值越小越好的指标; I_2 为效益型指标, 表示指标值越大越好的指标; I_3 为固定型指标, 表示指标值越接近某固定值越好的指标, r_n 为 I_3 中所述的固定值.

按照公式(5) 的标准化处理方法, 对式(4) 中矩阵 A 进行标准化, 得到标准化目标矩阵 B

$$B = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1N} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2N} \\ \cdots & \cdots & r_{mn} & \cdots \\ Y_{M1} & Y_{M2} & \cdots & Y_{MN} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

4.2 计算各指标的熵

所有项目的第 n 项评价指标的熵定义为

$$H_n = -k * \sum_{m=1}^M f_{mn} \ln f_{mn}, \quad (7)$$

$$\text{式中: } f_{mn} = \frac{r_{mn}}{\sum_{m=1}^M r_{mn}}; k = \frac{1}{\ln m}.$$

4.3 确定指标的熵权

通过公式(7) 计算的熵值, 可定义第 n 项评价指标的熵权 w_n , 如公式(8) 所示. 通过熵权的大小, 可反映不同指标在评估时所起作用的大小, 使指标对于评估所起的作用得到定量的体现^[14-15]

$$w_n = \frac{1 - H_n}{N - \sum_{n=1}^N H_n}. \quad (8)$$

显然, $\sum_{n=1}^N w_n = 1$, 因此, $w_n \leq 1$. 又由公式(7)

易知 $0 \leq w_n$, 因此, $0 \leq w_n \leq 1$.

4.4 计算综合权重

熵权体现了决策时客观信息中各评估指标作用的大小, 是客观的权重, 而主观权重可以反映决策者对决策指标的偏好, 所以, 笔者根据专家给第 n 个评估指标的主观权重 \bar{P}_n^z , 结合公式(2), 计算平均可信权重 \bar{P}_n^z , 再结合公式(8) 得到第 n 项评估指标的综合权重 P_n

$$P_n = \frac{w_n \bar{P}_n^z}{\sum_{n=1}^N w_n \bar{P}_n^z}. \quad (9)$$

4.5 计算综合得分

基于上述计算获得的第 n 项评估指标的综合权重 P_n , 及项目 m 指标 n 的可信分值 x_{mn} , 经过公式(10) 加权求和, 可计算项目 m 的最终综合得分

$$Q_n = \sum_{n=1}^N P_n x_{mn}. \quad (10)$$

5 实例分析

5.1 专家可信度值计算

利用 a 、 b 、 c 、 d 、 e 5 个项目对专家进行测试, 以便计算专家的可信度. 5 个项目的最优排序是 $abcde$, 其对应的所有子序列为 $\{\Phi, a, b, c, d, e, ab, ac, ad, ae, bc, bd, be, cd, ce, de, abc, abd, abe, acd,$

$ace、ade、bcd、bce、bde、cde、abcd、abce、abde、acde、bcde、abcde$ 共 32 个子集.

专家甲给出的排序是 $abcde$, 其对应的子序列为 $\{\Phi、b、c、a、e、d、ab、ad、ac、ae、bd、bc、be、ce、cd、ed、abc、abe、abd、ace、acd、aed、bce、bcd、bed、ced、abcd、abce、aced、bced、abced\}$

甲给出的子序列与最优子序列相同的为 $\{\Phi、b、c、a、e、d、ab、ad、ac、ae、bd、bc、be、ce、cd、abc、abe、abd、ace、acd、bce、bcd、abce、abcd\}$, 一共有 24 个相同子集, 则根据公式 (1) 可计算出专家甲的可信度为 0.75. 据此类推, 可得出各专家的可信度 G_i .

5.2 项目指标得分

专家对各个项目各指标进行打分, 再根据公式 (3) 计算可信分值. 表 1 是专家对项目 2 的打分和可信分值计算表. 表 2 为所有项目所有指标的可信分值汇总表.

表 1 对项目 2 的打分
Tab.1 The scores for project 2

项目	甲	乙	丙	丁	分值
可信度值	0.75	0.9	1	1	
项目风险	79	76	80	74	70
对学科新知识贡献	65	89	86	89	76
技术实力成果	92	98	98	97	88
研究基础条件	93	98	94	96	87
组织管理周密	93	79	86	90	79
资金投入	90	95	86	96	84
社会影响	98	90	85	92	83
人才教育培养	63	75	75	70	65
市场前景	97	86	85	77	78
经济价值	94	87	85	86	80

表 2 各指标可信分值
Tab.2 Reliable scores of every index

项目	1	2	3	4
项目风险	89	70	74	74
对学科新知识贡献	94	76	80	77
技术实力成果	70	88	90	85
研究基础条件	69	87	79	88
组织管理周密	86	79	80	89
资金投入	79	84	65	70
社会影响	89	83	78	73
人才教育培养	90	65	76	85
市场前景	84	78	77	83
经济价值	79	80	89	75

5.3 综合计算各项目得分

依照上述熵权决策法确定每项指标的权重. 首先, 根据表 2 中的可信分值可以构建 $M \times N$ 阶矩

阵 A ,

$$A = \begin{bmatrix} 89 & 94 & 70 & 69 & 86 & 79 & 89 & 90 & 84 & 79 \\ 70 & 76 & 88 & 87 & 79 & 84 & 83 & 65 & 78 & 80 \\ 74 & 80 & 90 & 79 & 80 & 65 & 78 & 76 & 77 & 89 \\ 74 & 77 & 85 & 88 & 89 & 70 & 73 & 85 & 83 & 75 \end{bmatrix}.$$

然后按照标准化处理方法, 采用效益型计算方法, 对矩阵 A 进行标准化后, 得到标准化目标矩阵 B . 再依次计算各指标熵、熵权、综合权重, 所得结果如表 3 所示.

表 3 各指标权重计算结果
Tab.3 Results each index weight

项目	熵	熵权	主观权重	综合权重
项目风险	0.59	0.122	0.05	0.058
对学科新知识的贡献	0.46	0.161	0.10	0.154
技术实力成果	0.79	0.063	0.10	0.061
研究基础条件	0.77	0.069	0.10	0.066
组织管理周密	0.51	0.145	0.20	0.278
资金投入	0.71	0.086	0.10	0.082
社会影响	0.72	0.082	0.05	0.039
人才教育培养	0.76	0.072	0.10	0.069
市场前景	0.65	0.104	0.10	0.100
经济价值	0.68	0.096	0.10	0.093

最后, 根据表 3 可计算每个项目的最终得分 Q , 如表 4 所示. 由表 4 可以排出项目优劣的次序为: 1432, 项目 1 评估分数最高, 最有可选性. $B =$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0.35 & 0.737 & 1 & 1 & 1 & 0.286 \\ 0 & 0 & 0.9 & 0.947 & 0 & 1 & 0.625 & 0 & 0.143 & 0.357 \\ 0.211 & 0.222 & 1 & 0.526 & 0.05 & 0 & 0.313 & 0.44 & 0 & 1 \\ 0.211 & 0.056 & 0.75 & 1 & 1 & 0.236 & 0 & 0.8 & 0.857 & 0 \end{bmatrix}$$

表 4 各项目综合得分
Tab.4 Composite scores among projects

得分	项目			
	1	2	3	4
综合得分	84.3	78.7	79.2	81.6

6 结论

针对科技项目立项评估中主观因素对评估结果影响较大的问题进行了研究. 采用可信分析和熵权决策模型结合, 对专家的项目评价信息进行客观的量化. 首先根据波达规则确定各专家的可信度, 据此确定可信分值和可信权重. 然后由熵权决策法计算各评价指标的熵权, 并将可信权重与之结合, 计算出综合权重. 再由综合权重和可信分值求出项目的综合得分, 据此进行项目立项的最优决策. 本方法不但适度考虑到专家的个人偏好和技术背景的差异, 而且克服了以往在评标过程

中仅凭主观经验确定指标权重的过度随意性,从而使科技项目评估过程更加客观准确.具有一定的实际应用价值.

参考文献:

- [1] 曲立,吕晓岚.国内外科技项目评价方法比较[J].企业经济,2005(9):36-38.
- [2] 鲍玉昆,张金隆,孙福全,李新男,等.基于 SMART 准则的科技项目评标指标体系结构模型设计[J].科学学与科学技术管理,2003,24(2):46-48.
- [3] 鲍玉昆,张金隆,李新男.试析科技项目立项中的同行评议制[J].软科学,2002,16(4):14-17.
- [4] MC M W, BOBERG A. The relative effectiveness of projects in teaching entrepreneurship[J]. Journal of Small Business and Entrepreneurship, 2001,9(9):14-24.
- [5] 张林.科技项目评估技术创新研究[D].武汉理工大学管理学院,2007.
- [6] 肖利.科技项目评估的必要前提[J].科学学研究,2004,22(3):290-293.
- [7] FAYOLLE A, GAILLY B N. Assessing the impact of entrepreneurship education programmes: A new methodology[J]. Journal of European Industrial Training, 2006,30(9):701-720.
- [8] 林成刚.科技项目评估指标的 AHP 赋权法[J].大众科技,2008(5):183-184.
- [9] 马丽娜,李建华.科技项目评估中的层次灰色评价模型应用研究[J].科技管理研究,2008,28(5):277-279.
- [10] 郭凯,刘海风.熵权决策法在煤矿建设施工方案评标中的应用[J].中国矿业,2010,19(4):97-99.
- [11] 卢立宇.投资项目优选的多层次熵值评价方法[J].西华大学学报:自然科学版,2009,28(4):86-88.
- [12] BLACK D, Partial justification of the Borda count[J]. Public Choice, 1976,28(1):1-15.
- [13] HECKELMAN J C, Probabilistic Borda rule voting, Social Choice and Welfare[J]. 2003,21(3):455-468.
- [14] 郭庆军,赛云秀.基于熵权决策的项目方案评价[J].统计与决策,2007,(11):50-51.
- [15] 闫文周,顾连胜.熵权决策法在工程评标中的应用[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2004,36(1):98-100.

Decision of the Selection Model Based on Entropy Weight

LUO Yong, ZHU Bo

(Institute of Electrical engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Scientific research project of project selection should be carried out on multiple projects. To select the optimal project of science and technology plan, a fair, objective project evaluation results, this paper, by using reliability analysis and decision based on entropy weight, the study of multiple project optimization problems. First of all, according to expert research background caused by the different subjective mistakes problem, put forward a new kind of expert reliability calculation method, to quantify the different expert evaluation of reliability, the entropy weight decision-making model on the basis of the construction, the project evaluation results are calculated, and complete the optimal project selection decisions accordingly. Finally, a numerical simulation to evaluate multiple projects of science and technology optimizing, the effectiveness of the model was verified.

Key words: science and technology project evaluation, reliability analysis, method of entropy proportion