

BOT项目风险多属性群决策识别方法

刘宁,戴大双,吴海西

(大连理工大学 管理学院,辽宁 大连 116024)

摘要:本文提出的BOT项目风险识别方法可以客观计算专家的权重和风险属性的权重,反映不同专家、不同属性对决策结果的影响。通过把BOT项目风险决策矩阵转化成多维向量,用两向量的夹角余弦计算专家的相似度和差异度;利用熵值推导得到属性的权重,如果某个属性对决策所起的作用越大,则其熵值就越小,权重越大,并根据综合决策值排序得到风险识别结果。最后,本文通过一个典型的BOT项目验证了该识别方法的可行性和有效性。

关键词:BOT项目;风险识别;多属性;群决策

中图分类号:C935 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-980X(2009)09-0050-03

BOT(build-operate-transfer)是指东道国政府与投资者的项目公司签订特许权协议,由项目公司筹资和建设公共基础建设项目,项目公司在特许期内拥有、运营和维护该项设施,并通过提供产品或收取服务费用,回收投资并获取合理利润,特许期满后,项目无偿移交给东道国政府。影响BOT项目的典型风险包括高财务风险、市场风险、超支风险、政治风险、运营风险,特别是在我国,不完备的法律和审批制度,严格的准入限制,较低的产品和服务价格成为投资者密切关注的风险因素^[1-4]。

在现有文献中,效用理论、统计方法已经被用于计算BOT项目的风险指数^[5-6],蒙特卡罗法、边界元法和实物期权法、马尔可夫模型、方差最优鞅模型、一般方差模型、风险概率模型、故障树法和德尔菲法已经用于BOT项目的关键的风险识别^[7-11]。但这些方法都将风险问题作为一个单属性问题,而未注意风险的多属性特征。在实践中,BOT项目风险影响因素众多,风险识别不仅仅要考虑风险发生的概率,还要考虑风险的可控性与影响后果,即考虑风险因素的多属性问题;在决策过程中,要由技术和经济领域的专家以及政府专家组成的委员会进行共同决策,属于群决策问题。因此,BOT项目的风险识别是一个多属性群决策问题。

基于此,本文提出一种新的BOT项目风险多属性群决策识别方法。

1 模型构建

1.1 多属性群决策

在多属性群决策研究中,如何表示群体中各专家的意见与偏好,并集结成为群的一致偏好,是群决策的关键问题,也是群决策研究的重点^[12]。

在传统多属性群决策模型中,一般假定一位专家只有一个权重,一个属性也只有一个权重。但在实际决策中,由于不同专家对各风险评价准则的重要性有不同的认识,因此,不同专家对于同一风险有不同的权重,不同属性对于同一风险也有不同的权重,从而更加合理地反映了不同专家、不同属性对决策结果的影响。该多属性决策问题可以演化为基于专家偏好的多属性群决策综合权重问题。

1.2 模型描述

某BOT项目,设有 h 位专家参与风险识别,用 a_1, a_2, \dots, a_h 表示;风险因素共有 n 个,用 b_1, b_2, \dots, b_n 表示;风险的决策属性共有 m 个,用 c_1, c_2, \dots, c_m 表示。

对专家 a_k 而言,对风险 b_i 按属性 c_j 进行评判,得到属性值为 v_{ij}^k ,从而构成专家 a_k 的决策矩阵 $V_k = (v_{ij}^k)_{m \times n}$,专家 a_k 对于风险 b_j 的权重为 w_j^k ,对于属性 c_i 权重为 w_i^k 。

1.3 专家对于风险因素的权重

通过把决策矩阵转化成多维向量,用两向量的空间位置关系即可反映决策结果的相似性。一个专家与群体决策的结果越相近,则说明其可信度越高。

收稿日期:2009-08-14

基金项目:国家自然科学基金项目(70572097);住房和城乡建设部软科学研究项目(2009-R3-09)

作者简介:刘宁(1976—),男,内蒙古赤峰人,大连理工大学管理学院技术经济及管理专业博士研究生,研究方向:BOT项目风险管理;戴大双(1951—),女,河北青县人,大连理工大学管理学院教授,博士生导师,研究方向:技术经济及管理、项目管理研究;吴海西(1976—),男,陕西西安人,大连理工大学管理学院技术经济及管理专业博士研究生,研究方向:BOT项目模式识别。

利用向量的夹角余弦,可构造出各专家权重,偏差越大权重越小,反之则权重越大。

由决策矩阵 V^k ,可以得到专家 a_k 对于风险 b_j 各属性的决策向量 $v_j^k = (v_{1j}^k, v_{2j}^k, \dots, v_{mj}^k)$,则专家 a_k 的决策向量 v_j^k 与 a_l 的决策向量 v_j^l 的夹角余弦为:

$$c_j(k, l) = \frac{\sum_{i=1}^n (v_{ij}^k \cdot v_{ij}^l)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij}^k \cdot v_{ij}^k)} \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij}^l \cdot v_{ij}^l)}} \quad (1)$$

令 $e_j^k = \frac{1}{l-1} \sum_{l=1}^n c_j(k, l) - 1$,可得专家 a_k 与其他专家关于风险 b_j 评判的相似度^[13]:

$$k_j = e_j^k / \sum_{i=1}^h e_j^i \quad (2)$$

专家 a_k 的相似度向量为: $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ 。决策群体给出风险 b_j 的各属性值均值向量为: $u_j = (u_{1j}, u_{2j}, \dots, u_{mj})$, $u_{ij} = \left(\sum_{k=1}^n v_{ij}^k \right) / n$ 。令 $k_{ij} = |v_{ij}^k - u_{ij}|$, $k_j = \sum_{i=1}^m k_{ij}$,则专家 a_k 与决策群体关于风险 b_j 的决策差异度为:

$$j^k = k_j / \sum_{k=1}^n k_j \quad (3)$$

则专家 a_k 的差异度向量为 $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ 。结合相似度和差异度,专家 a_k 对于风险 b_j 的权重定义为:

$$k_j = k_j (1 - j^k) / \left(1 - \sum_{k=1}^h j^k \right) \quad (4)$$

专家 a_k 对风险的权重向量为: $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ 。

1.4 专家对于风险属性的权重

熵是对决策过程不确定性程度的一种度量,即反映各决策属性的信息量。本文中决策属性权重通过熵值反映,如果某个属性对决策所起的作用越大,它的熵值就越小,权重越大。由于熵值来自于决策信息的计算结果,能更加客观、真实地反映决策属性在决策中所起作用的大小。

对于专家 a_k ,属性 c_i 的熵值定义为 r_i^k ^[14-15]:

$$r_i^k = - \sum_{j=1}^n (g_{ij}^k \ln g_{ij}^k) / \ln(n);$$

$$g_{ij}^k = v_{ij}^k / \sum_{j=1}^n v_{ij}^k$$

专家 a_k 的风险属性熵值向量为: $r^k = (r_1^k, \dots, r_m^k)$ 。对于专家 a_k ,属性 c_i 的权重定义为:

$$i^k = (1 - r_i^k) / \sum_{i=1}^m (1 - r_i^k) \quad (5)$$

专家 a_k 的风险属性权重向量为: $k = (k_1, k_2, \dots, k_m)$ 。

1.5 风险识别与排序

利用风险属性的权重,可以得到专家 a_k 对于风险 b_j 的综合决策值为:

$$j^k = \sum_{i=1}^m k_i u_{ij}^k \quad (6)$$

专家 a_k 的风险综合决策值向量为: $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ 。

利用专家的权重 k_j ,通过简单加权平均得到风险 b_j 的综合决策值为:

$$j = \sum_{k=1}^h (k_j^k) \quad (7)$$

综合决策值 j 越大,对应风险程度越高。

2 实证分析

对某市垃圾发电 BOT 项目进行风险识别,共有 5 位专家 a_1, a_2, \dots, a_5 参与,经过初步判断,项目共有财务风险、市场风险、超支风险、政治风险、运营风险、法律制度、产品价格七个风险因素,用 b_1, b_2, \dots, b_7 表示,各风险的的评价属性为风险发生的概率、风险的可控性、风险产生的后果,用 c_1, c_2, c_3 表示。

所有属性均是越大越优型,各专家给出的决策矩阵分别为:

$$V_1 = \begin{bmatrix} 7 & 6 & 4 & 5 & 7 & 6 & 8 \\ 5 & 7 & 6 & 8 & 4 & 9 & 8 \\ 8 & 7 & 6 & 9 & 7 & 8 & 8 \end{bmatrix};$$

$$V_2 = \begin{bmatrix} 7 & 6 & 5 & 4 & 6 & 8 & 9 \\ 4 & 7 & 7 & 7 & 5 & 8 & 6 \\ 9 & 8 & 6 & 9 & 7 & 7 & 9 \end{bmatrix};$$

$$V_3 = \begin{bmatrix} 7 & 5 & 3 & 5 & 7 & 5 & 8 \\ 6 & 9 & 5 & 10 & 6 & 9 & 7 \\ 10 & 8 & 5 & 9 & 8 & 9 & 7 \end{bmatrix};$$

$$V_4 = \begin{bmatrix} 5 & 7 & 3 & 6 & 8 & 6 & 9 \\ 6 & 5 & 7 & 9 & 4 & 9 & 10 \\ 7 & 8 & 4 & 10 & 7 & 6 & 7 \end{bmatrix};$$

$$V_5 = \begin{bmatrix} 6 & 7 & 2 & 3 & 5 & 4 & 8 \\ 4 & 5 & 7 & 7 & 6 & 9 & 6 \\ 7 & 5 & 7 & 10 & 6 & 8 & 10 \end{bmatrix}。$$

由式(1)和式(2)计算各专家对于各个风险的相似度向量为:

$$1 = (0.201, 0.203, 0.202, 0.201, 0.200, 0.202, 0.202);$$

$$2 = (0.200, 0.202, 0.201, 0.201, 0.202, 0.198, 0.200);$$

$^3 = (0.201, 0.198, 0.202, 0.199, 0.202, 0.200, 0.202) ;$

$^4 = (0.198, 0.200, 0.198, 0.200, 0.199, 0.200, 0.198) ;$

$^5 = (0.201, 0.198, 0.198, 0.198, 0.198, 0.199, 0.199) 。$

由式(3)计算各专家对于各风险的差异度向量为:

$^1 = (0.062, 0.056, 0.113, 0.083, 0.135, 0.071, 0.086) ;$

$^2 = (0.188, 0.097, 0.210, 0.183, 0.058, 0.321, 0.200) ;$

$^3 = (0.266, 0.306, 0.194, 0.217, 0.231, 0.214, 0.143) ;$

$^4 = (0.281, 0.222, 0.210, 0.233, 0.231, 0.179, 0.314) ;$

$^5 = (0.203, 0.319, 0.274, 0.283, 0.346, 0.214, 0.257) 。$

由式(4)计算专家对于各风险的权重向量为:

$^1 = (0.235, 0.239, 0.223, 0.230, 0.217, 0.234, 0.230) ;$

$^2 = (0.203, 0.228, 0.198, 0.205, 0.237, 0.168, 0.200) ;$

$^3 = (0.184, 0.171, 0.203, 0.195, 0.194, 0.197, 0.216) ;$

$^4 = (0.178, 0.194, 0.196, 0.192, 0.191, 0.206, 0.169) ;$

$^5 = (0.200, 0.168, 0.179, 0.178, 0.161, 0.196, 0.184) 。$

由式(5)计算各专家的风险属性权重向量为:

$^1 = (0.3333, 0.3326, 0.3341) ;$

$^2 = (0.3327, 0.3333, 0.3340) ;$

$^3 = (0.3326, 0.3334, 0.3340) ;$

$^4 = (0.3330, 0.3330, 0.3340) ;$

$^5 = (0.3308, 0.3346, 0.3346) 。$

由式(6)计算各专家对于风险综合决策值向量为:

$^1 = (6.669, 6.667, 5.333, 7.334, 6.002, 7.666, 8.000) ;$

$^2 = (6.668, 7.001, 6.001, 6.670, 6.001, 7.666, 8.000) ;$

$^3 = (7.669, 7.335, 4.335, 8.003, 7.001, 7.669, 7.333) ;$

$^4 = (6.001, 6.668, 4.666, 8.335, 6.334, 6.999, 8.665) ;$

$^5 = (5.665, 5.662, 5.346, 6.680, 5.669,$

$7.011, 8.000) 。$

由式(7)得到各风险的综合决策值为:

$^1 = 6.534 ; ^2 = 6.689 ; ^3 = 5.134 ; ^4 = 7.405 ; ^5 = 6.205 ; ^6 = 7.401 ; ^7 = 7.969 。$

风险的排序结果为: $b_7 > b_4 > b_6 > b_2 > b_1 > b_5 > b_3 。$

风险程度最高为产品价格,政治和法律制度风险在第二层次,市场、财务和运营风险在第三层次,超支风险相对较低。

3 结语

本文提出了一种解决 BOT 项目风险识别的新方法,应用多属性群决策模型,客观地计算了专家的权重以及属性的权重。通过评判信息得到决策专家的相似度和差异度,客观得到专家的权重。并且利用熵权确定属性的权重,有效地避免了人为给定而带来的主观性问题。

参考文献

- [1] ROBERT L K T. Risks and guarantees in BOT tender[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 1995, 121(2): 183-188.
- [2] SALMAN A F M, SKIBNIEWSKI M J, BASHA I. BOT viability model for large-scale infrastructure projects[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2007, 133(1): 50-63.
- [3] XENIDIS Y, ANGELIDES D. The legal risks in build-operate-transfer projects [J]. Journal of Construction Research, 2005, 6(2): 273-292.
- [4] XENIDIS Y, ANGELIDES D. The financial risks in build-operate-transfer projects [J]. Construction Management and Economics, 2005, 23(4): 431-441.
- [5] ZAYED T M, CHANG L M. Prototype model for build-operate-transfer risk assessment [J]. Journal of Management in Engineering, 2002, 18(1): 7-16.
- [6] DAVID A K. Risk modeling in energy contracts between host utilities and BOT plant investors[J]. IEEE Transaction Energy Conversion, 1996, 11(12): 359-366.
- [7] YANG W H, DAI D S. Concession decision model of BOT projects based on a real options approach[C]. Proc. 13th Conf. Management Science and Engineering, ICMSE 06, Lille, France, 2007: 307-312.
- [8] CHIARA N, GARVIN M J, VECER J. Valuing simple multiple-exercise real options in infrastructure project[J]. Journal of Infrastructure Systems, 2007, 13(2): 97-104.
- [9] HUANG Y L, CHOU S P. Valuation of the minimum revenue guarantee and the option to abandon in BOT infrastructure projects[J]. Construction Management and Economics, 2006, 24(4): 379-389.

(下转第 62 页)

- [7] BREIDENBACH D P. Life cycle cost analysis[C]. Aerospace and Electronics Conference, 1989, 4(3) :1216-1220.
- [8] BROOKS S M. Life cycle costs estimates for conceptual ideas[C]. Aerospace and Electronics Conference, 1996, 3(2) :541-546.
- [9] MILL WARD D G Life-cycle cost trade studies for hardness assurance [J]. Trans on Nuclear Science, IEEE, 1996, 6(43) :3133-3138.
- [10] 金家善,邵立周. LCC 分析的简化方法[J]. 中国设备工程, 2003(9) :6-8.
- [11] 土宪. 全国电力客户服务工程预算参考定额及费用[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2001 :92-95.
- [12] 楼晓东,秦杰. 在工程设计中学习与运用 LCC 分析[J]. 上海电力, 2004(3) :197-199.

Investment Cost Model and Sensitive Factor Analysis on Substation

Huang Ruiping¹, Xia Ying²

(1. Kunming Power Supply Bureau, Kunming 650000, China;

2. College of Electrical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract : According to the characteristics of costs of substation in different phases, this paper uses the analysis method based on Life Cycle Costs(LCC) to carry on the decision analysis on substation construction. Life Cycle Costs of substation are divided into three parts: investment cost, operation cost and failure cost. The cost estimation model of LCC is set up, and the modification on the basis of runtime, annual interest rate and inflation rate is carried out, as well as the sensitive factor analysis. Taking a 220kV substation as the example, it analyzes and compares integrated automatic system and general protective system to verify the validity and feasibility of the proposed life cycle cost model.

Key words : substation; investment cost; operation cost; life cycle cost; sensitive factor analysis

(上接第 52 页)

- [10] CHARLES Y J C, LIU J. Valuing governmental support in infrastructure projects as real options using Monte Carlo simulation[J]. Construction Management and Economics, 2006, 24(5) :545-554.
- [11] SUBPRASOM K, CHEN A. Effects of regulation on highway pricing and capacity choice of a build-operate-transfer scheme[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2007, 133(1) :64-71.
- [12] BAUCCELLS M, SARIN R K. Group decisions with multiple criteria[J]. Management Science, 2003, 49(8) :1105-1118.
- [13] 秦学志,王雪华,杨德礼. AHP 中群组评判的可信度法() [J]. 系统工程理论与实践, 2000(5) :76-79.
- [14] 马飒飒,王光平,赵守伟. 基于多属性群决策的软件可靠性模型选择方案[J]. 数学的实践与认识, 2007, 37(15) :70-76.
- [15] 申桂香,陈炳银,张英芝,等. 基于熵值-模糊综合评判的可靠性模型优选[J]. 吉林大学学报(工学版), 2008(S2) :117-121.

Multiple Attribute Group Decision Method of Risk Identification of BOT Project

Liu Ning, Dai Dashuang, Wu Haixi

(School of Management, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China)

Abstract : A new risk identification model for BOT project is established to calculate the weights of experts and attributes more objectively, and to reflect the impacts of different decision-makers and different attributes more reasonably. Firstly, angle cosine of two-space vector transformed from multi-dimensional vector is derived into the similarity and the difference of experts. Secondly, the weights of attributes reflecting the importance degree for decision-making are derived from entropy expressing information content of attributes. While the entropy of a attribute is smaller, the weight is bigger. Risk identification result is based on the value of integrated decision-making. A typical case proves that the method is feasible and reasonable.

Key words : BOT project; risk identification; multiple attribute; group decision