

doi: 10.7690/bgzdh.2013.07.016

模糊综合评估技术在装备管理工作中的应用

张鹏, 薛江平, 金志伟, 王春, 孙宁

(中国空气动力研究与发展中心高速所, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对传统的评估方法人为因素影响过大、公正性无法得到保障的问题, 提出一种对装备项目建设方案进行定量评估的方法。该方法基于模糊综合评估原理, 分析了风洞装备项目建设方案的评估因素, 并利用专家评分法确定各个因素的隶属度, 确定各个因素的权重系数, 构造 Fuzzy 综合评判矩阵, 建立装备项目建设方案优劣的模糊综合评估模型, 并以某风洞 VXi 系统动态采集功能扩展项目为例, 给出模糊综合评估的例子。分析计算结果表明: 采用 VT1433B 采集板可实现连续不间断的高速采集, 更能够有效提高风洞试验能力及效率, 满足本次装备项目改进的目的。

关键词: 模糊方法; 综合评估; 模型

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Application of Fuzzy Synthetic Evaluation Method in Equipment Management

Zhang Peng, Xue Jiangping, Jin Zhiwei, Wang Chun, Sun Ning

(High Speed Institute, China Aerodynamics Research & Development Center, Mianyang 621000, China)

Abstract: Aiming at the problem that the traditional evaluation method is easily influenced by human factors and the justice can not be guaranteed, the paper proposes a quantitative evaluation method which is based on fuzzy synthetic evaluation principle for the construction scheme of equipment. Based on fuzzy comprehensive evaluation theory, analyzes the evaluation factors of project and uses the expert scoring method to determine the membership degree and the weight coefficient of each factor, establishes the fuzzy comprehensive evaluation matrix and builds the fuzzy comprehensive evaluation model of the scheme. At last, the paper uses a function expansion project of the certain type wind tunnel dynamic acquisition system VXi as an example. The calculation results show that: the VT1433B acquisition board can acquire data continuously in high speed, it can effectively improve the ability and efficiency of wind tunnel test, and realize the equipment project improvement purpose.

Key words: fuzzy method; synthesis evaluation; model

0 引言

随着装备现代化建设步伐的不断加快, 重点装备建设和技术改造都涉及到具体装备项目。因此, 在方案论证阶段, 如何科学、合理地评估方案的技术性、经济性及可行性, 选取合适的建设方案, 以降低项目技术风险, 提高资金投入效益, 增强研制的可靠性, 达到项目的最佳综合效益, 是装备日常工作当中面临的一道重要难题。

传统的评估方法多是通过项目方案汇总, 专家依靠实践经验来对方案进行评估。这种方法的缺点是评估体系过于陈旧, 评估主体单一, 且多以定性评估为主, 人为因素影响过大, 使其公正性无法得到保障。但对某种事物进行评估, 本身也具有模糊性。鉴于此, 笔者借助数学建模思想, 应用“模糊综合评估”原理, 以装备项目建设方案的各项技术指标以及专家丰富知识及经验为评估依据, 创立了

一种对装备项目建设方案的技术性、经济性及可行性进行定量评估的方法。该方法虽然也要受到人们对客观规律认识程度的制约和限制, 但能够最大限度地减少人为片面性的影响, 使评估主体趋于多元化, 有助于科学、准确、合理的定量评估和考核装备项目建设方案, 有效提高装备研制资金的投入效益和项目研制的可靠性, 为装备管理工作走向规范化提供重要保证。

1 装备项目评估体系的建立

1.1 确定评估因素集

确定评估因素集就是考虑具体采用哪些评估指标对装备项目进行评估。围绕提高风洞试验能力和效率这一核心问题, 根据装备项目所承担的试验任务要求来确定评估因素。

具体原则: 一是要符合风洞实际情况; 二是要

收稿日期: 2013-01-11; 修回日期: 2013-02-23

作者简介: 张鹏(1985—), 男, 四川人, 在读硕士, 工程师, 从事计算机及信号处理研究。

有利于全面反映装备项目建设的特征；三是要符合装备项目建设目的；四是评估因素和层次要尽量精炼。将评估因素分成 s 个子集，记为 U_1, U_2, \dots, U_s ，并满足条件 $U_i (i=1, 2, \dots, s)$ ， $U_i \cap U_j = \Phi (i \neq j)$ 。每个子集 $U_i (i=1, 2, \dots, s)$ 可以由它的下一级评估因素子集 U_{ij} 来评估，即： $U_i = \{U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{ij}, \dots, U_{in}\}$ ，其中 $i=1, 2, \dots, s$ ； $j=1, 2, \dots, n$ 。

1.2 评语集的确 定

装备项目评估因素以定性因素为主，评语集是对各层次评估因素的一种语言描述，考虑到风洞装备项目的具体情况，现将评估结果分为：优、良、一般、差 4 个等级。所以装备项目的评语集可表示为 $V = \{V1, V2, V3, V4\} = \{\text{优, 良, 一般, 差}\}$ ，以 100、80、70、60 为评分标准进行分段，得分在 80~100 为优，70~80 为良，60~70 为一般，60 以下为差。

1.3 评估因素的权重确定

权重是用以描述各项评估因素对总体效益影响的重要参数，对于不同的装备项目而言，虽然技术的先进性、性能的稳定性等都对其综合评估有影响，但影响程度不同，需要确定评估因素响应的权重系数。因素权重的确定可采用基于专家意见的 Delphi 方法^[1-3]。Delphi 方法依据若干专家的知识、经验、信息对已拟出的评估因素进行分析、判断、权衡，赋予相应的权重。Delphi 方法的主要步骤：1) 选出相应专家及骨干，向其明确评估目的、评估因素体系和权重评分方法；2) 匿名记录各专家关于因素权重评分结果；3) 向专家反馈评分的信息；4) 各专家对上一次的评分结果进行修正；5) 重复反馈和修改，直至评分结果相对集中能达到散布要求。

1.4 评估因素隶属度的确定

1.4.1 构造因素隶属度向量

采用专家评分法，确定各指标对不同评估等级的“隶属度”。让多位专家独立对项目指标进行等级评定，某一等级得票比例 $r_{ij} (1 \leq j \leq m; 1 \leq i \leq n)$ 为该等级“隶属度”（其中 i 表示第 i 个指标， j 表示第 j 个评语），将其按与 V 相同顺序排成向量 $R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$ 为“隶属度向量”^[4-5]。

1.4.2 构造模糊矩阵

n 个指标关于其上级指标的隶属度向量构成

其上级指标的隶属度矩阵 $R^{[6]}$ ：

$$R = \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & \dots & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} \quad (1)$$

由于因素的权重向量 $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ 已知，可得出某评估因素的模糊矩阵 B ：

$$B = (b_1, b_2, \dots, b_m) = A \cdot R = (a_1, a_2, \dots, a_n) \cdot \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & \dots & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} \quad (2)$$

1.5 求解评估值

根据预先给定的评估向量集及各因素权重，求出评估项目的模糊评估值 $Y = B \cdot V^T$ ，给出该装备项目评估体系的结论。

2 应用模型举例

某跨声速风洞拟对 VXI 系统进行功能扩展，有以下 2 种方案可供选择：

1) 方案 1：以现有的 VT1413C 采集板为基础进行功能扩展，以串行扫描方式对数据进行采集，采样率 100 kSa/s，此方案的投入较少，与原系统融合性好，不需要开发新的软件系统，开发周期较短，且支持 64 个通道采集。但在作开伞开舵这种动态试验的时候，VT1413C 只能依次对每个通道进行扫描，且有扫描间隔，不能很好地获取动态试验数据。

2) 方案 2：购买新的 VT1433B 采集板实现功能扩展，能够实现对天平、加速度传感器、振动传感器信号的高速并行采集，其采样率可达并行采集 196 kSa/s/ch，且采集板有 32M RAM 缓存，可实现连续不间断的高速采集。这样可有效地获取动态试验数据，但需重新设计相应应用软件，所以开发周期较长，开发投入较大，该方案所需经费较多，大约是方案 1 的 2 倍，且只支持 8 个通道采集。

2.1 确定评估因素集

为合理、有效地选择项目实施方案，通过模糊方法分别对 2 种方案建立评估体系，根据风洞的实际情况，设 U 为影响综合评估结果的因素集：

第一级评估因素为集合 $U = \{\text{项目技术因素, 项目开发阶段因素, 项目使用阶段因素, 项目维护阶段因素}\}$ 。

第二级评估因素 $U_1 = \{\text{技术的先进性及创新性,}$

性能的稳定性，与原系统的融合性，有效拓展风洞试验能力}， $U_2 = \{$ 项目开发周期，项目开发所需经费，项目开发所需人力资源}， $U_3 = \{$ 项目的使用频率，技术人员培养的难易程度，项目的可操作性，项目的使用年限}， $U_4 = \{$ 日常维护保养费用，日常维护保养难度，预期项目故障率}。

2.2 确定权重

本模型采用 Delphi 法确定各因素对应的权数分配，因为 2 种项目方案的目的的一致，故权重一致，表 1 为项目因素的权重调查表。

表 1 项目评估因素权重调查

第一级评估因素		第二级评估因素	
评估项	权重	评估项	权重
项目技术指标	0.5	技术的先进性及创新性	0.35
		性能的稳定性	0.15
		与原系统的融合性	0.1
		有效拓展风洞试验能力	0.4
项目开发阶段指标	0.2	项目开发周期	0.4
		项目开发所需经费	0.2
		项目开发所需人力资源	0.4
		项目的使用频率	0.4
项目使用阶段指标	0.2	技术人员培养的难易程度	0.1
		项目的可操作性	0.2
		项目的使用年限	0.3
		日常维护保养费用	0.2
项目维护阶段指标	0.1	日常维护保养难度	0.2
		预期项目故障率	0.6

汇总专家的权重调查表，通过 Delphi 法得到该项目因素权重如表 2 所示。

表 2 项目因素权重

第一层权重	第二层权重
$A = (0.5, 0.2, 0.2, 0.1)$	$A_1 = (0.35, 0.15, 0.1, 0.4)$
	$A_2 = (0.4, 0.2, 0.4)$
	$A_3 = (0.4, 0.1, 0.2, 0.3)$
	$A_4 = (0.2, 0.2, 0.6)$

2.3 确定模糊矩阵

表 3 项目指标评估调查

评估因素	方案 1				方案 2			
	优	良	一般	差	优	良	一般	差
技术的先进性及创新性	0	7	3	0	8	2	0	0
性能的稳定性	7	2	1	0	8	2	0	0
与原系统的融合性	9	1	0	0	8	2	0	0
有效拓展风洞试验能力	2	2	0	0	9	1	0	0
项目开发周期	8	2	0	0	6	4	0	0
项目开发所需经费	9	1	0	0	6	4	0	0
项目开发所需人力资源	8	2	0	0	7	3	0	0
项目的使用频率	8	2	0	0	8	2	0	0
技术人员培养的难易程度	8	2	0	0	7	3	0	0
装备项目的可操作性	8	2	0	0	4	4	2	0
项目的使用年限	7	2	1	0	8	2	0	0
日常维护保养费用	8	2	0	0	8	2	0	0
日常维护保养难度	7	3	0	0	7	3	0	0
预期项目故障率	8	2	0	0	8	2	0	0

为选择合适的方案，邀请 10 名领导及专家针对各个指标进行评估，该装备项目评估调查如表 3。

根据对项目指标评估调查表的统计，可以构造 2 种方案的模糊矩阵 R_{ij} (表示第 i 种方案，第 j 个模糊矩阵)。

$$\begin{aligned}
 R_{11} &= \begin{bmatrix} 0 & 0.7 & 0.3 & 0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.2 & 0.6 & 0 \end{bmatrix}, & R_{21} &= \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \\
 R_{12} &= \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}, & R_{22} &= \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \\
 R_{13} &= \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{bmatrix}, & R_{23} &= \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \\
 R_{14} &= \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}, & R_{24} &= \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}.
 \end{aligned}$$

2.4 综合评估

依据模型算法可分别得到 2 种方案的隶属度向量如表 4。

表 4 各方案的隶属度向量

方案 1	方案 2
$B_{11} = A_1 R_{11} = [0.275, 0.365, 0.36, 0]$	$B_{21} = A_1 R_{21} = [0.84, 0.16, 0, 0]$
$B_{12} = A_2 R_{12} = [0.82, 0.18, 0, 0]$	$B_{22} = A_2 R_{22} = [0.64, 0.36, 0, 0]$
$B_{13} = A_3 R_{13} = [0.77, 0.2, 0.03, 0]$	$B_{23} = A_3 R_{23} = [0.71, 0.25, 0.04, 0]$
$B_{14} = A_4 R_{14} = [0.78, 0.22, 0, 0]$	$B_{24} = A_4 R_{24} = [0.78, 0.22, 0, 0]$
$B_1 = [0.533, 5, 0.280, 5, 0.186, 0]$	$B_2 = [0.768, 0.224, 0.008, 0]$

按加权平均法得综合评估值^[7-10]。

方案 1 得分：

$$Y_1 = B_1 V^T = 88.81$$

方案 2 得分：

$$Y_2 = B_2 V^T = 95.28$$

通过模糊综合评估得到该装备项目 2 种方案的综合评估结果值：方案 1：88.81 分，方案 2：95.28 分。2 个方案得分评估都属于优，但经过综合评估，得知方案 2 技术更先进、性能更良好，更能够有效提高风洞试验能力及效率，满足本次装备项目改进的目的，应予采纳和推广。另外，通过单因素评估结果还可得知，该方案在个别因素上仍存在缺陷，应再组织研究讨论实施细则，进一步提高改进该装备项目实施方法。

3 结论

1) 模糊评估方法评估主体丰富，能够将定性评

估指标量化, 最大程度地限制人为因素对评估结果的影响, 已广泛应用于定量、半定性和定性评估。

2) 在论证阶段, 应用该方法对建设方案的技术性、经济性及可行性进行评估, 能够有效提高装备研发资金的投入效益和项目研制的可靠性, 大大降低投入风险。

3) 在实际操作中, 该方法简捷合理, 易于掌握, 提高了项目决策的科学性、客观性和有效性, 对于其他类似的领域具有一定的推广和应用价值。

参考文献:

[1] 陈水利, 李敬功, 王向公. 模糊集理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005.

[2] 梅学彬, 王福刚, 曹剑锋. 模糊综合评判法在水质评价中的应用及探讨[J]. 世界水质, 2000, 19(2): 172-177.

[3] 潘飞, 逢洪照, 张笑. 基于模糊综合评估的鱼雷维修性

分配模型研究[J]. 中国科技信息, 2011(10): 147-148.

[4] 葛秀坤, 邵辉, 赵庆贤, 等. 大型购物超市火灾风险模糊综合评估[J]. 消防科学与技术, 2011(11): 1064-1067.

[5] 张军, 李松辉. 在役双曲拱桥耐久性的模糊综合评估[J]. 路基工程, 2011(2): 88-89.

[6] 贾筱莹. 基于模糊综合评价法的继电保护人员安全状态评估及应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2011(9): 170-173.

[7] 宋万成, 高巍, 李志华. 基于 AHP 法的潜射鱼雷性能模糊评估[J]. 舰船电子工程, 2011(7): 158-160.

[8] 刘建珍, 马小波. 试论基于层次分析与熵权法的高压断路器运行状态模糊综合评估[J]. 科技情报开发与经济, 2011(11): 181-184.

[9] 李静. 应用模糊数学对电子政务绩效评估方法的研究与实证[J]. 淮海工学院学报: 自然科学版, 2011(1): 7-9.

[10] 许腾, 盖世昌, 朱智. 舰载 C-3I 系统人机可靠性模糊综合评估[J]. 指挥信息系统与技术, 2011(5): 60-63.

(上接第 51 页)

表 1 机械装备指标属性值

方案	价格/万元	质量	售后服务	交货时间/月	资质
X_1	[7,8]	优	优	[4,6]	优
X_2	[4,5]	中	中	[5,7]	中
X_3	[6,7]	良	优	[5,7]	良
X_4	[6,7]	优	良	[5,6]	优
X_5	[5,7]	优	中	[4,5]	中

表 1 即决策矩阵 \tilde{A} , 分别利用式 (1) 和 (2) 对其进行规范化处理, 得到规范化区间数决策矩阵 \tilde{R} , 利用式 (7) 求得各指标的权重为

$$\omega=(0.366\ 5,0.153\ 1,0.120\ 6,0.230\ 4,0.129\ 4)$$

由此进一步求得加权规范化区间数决策矩阵 \tilde{Y} , 并根据式 (11) 和式 (12), 可求出各目标分别与正理想解、负理想解的距离, 根据式 (13) 求出各目标对理想解的贴近度为:

$$c_1 = 0.495\ 4, c_2 = 0.289\ 6, c_3 = 0.359\ 3,$$

$$c_4 = 0.823\ 6, c_5 = 0.707\ 7$$

由上面的计算结果可以得出各方案的排序结果为

$$x_4 \succ x_5 \succ x_1 \succ x_3 \succ x_2$$

故该仓库的最佳选择为机械装备 x_4 。

3 结论

科研试验后勤装备采购决策正确与否直接关系

到后勤装备采购效益的高低。笔者基于区间数 TOPSIS 法建立了科研试验后勤装备采购决策的评估模型, 以区间数的形式, 综合考虑指标权重及指标值, 有效地保留了评价信息, 客观地确定了评估指标权重, 使评价结果真实可靠。采购实例分析表明: 该模型在后勤装备采购决策中具有较高的实用价值, 为军队采购机构选择供应商提供了重要依据。

参考文献:

[1] 杨文波, 朱军, 胡亮. 建立“四个机制”提高后勤装备采购质量[J]. 军队采购与物流, 2010(2): 51-53.

[2] 雍岐东, 齐建贵, 胡勋学. 军事后勤评估理论与方法[M]. 北京: 解放军出版社, 2006: 150-161.

[3] 王小艺, 刘载文, 侯朝楨, 等. 基于模糊多属性决策的目标威胁估计方法[J]. 控制与决策, 2007, 22(8): 859-862.

[4] Tran L, Duckstein L. Comparison of fuzzy numbers using a fuzzy distance measure[J]. Fuzzy sets and systems, 2002, 130: 331-341.

[5] 胡华安, 胡亮, 常春贺. 基于混合型多属性决策的后勤装备采购决策方法研究[J]. 军事经济研究, 2009(8): 20-23.

[6] 王帅, 雍岐东, 秦瑞胜. 基于区间数的后勤装备采购决策方法研究[J]. 物流技术, 2008, 27(3): 129-131.

[7] 黄云韬. 层次决策模型在图书馆设备采购决策中的应用[J]. 图书馆学研究, 2011(1): 17-19.