

航空武器装备项目过程评估指标体系的构建*

Constitution of Process Evaluation Index System for Aerial Weapon Equipment Project

西北工业大学管理学院 侯金晔 白思俊 郭云涛

[摘要] 分析了航空武器装备项目的特点,提出了航空武器装备项目过程评估指标体系的设计原则;结合项目管理的相关知识,提出了航空武器装备项目过程评估的指标体系,并探讨了运用灰色关联理论确定评价指标权重的方法步骤。

关键词: 航空武器装备 过程评估 指标体系

[ABSTRACT] The characteristics of aerial weapon equipment project are analyzed and the design principle of the process evaluation index system for aerial weapon equipment project is put forward. According to the related knowledge of project management, the process evaluation index system for aerial weapon equipment project is presented and the steps to determine the weight of the index system are discussed by means of using grey relating theory.

Keywords: Aerial weapon equipment Process evaluation Index system

航空武器装备是以战争为需求背景的具有高科技特征的特殊商品,具有研制周期长、投资数额大、技术风险高、参研单位多、环境不确定及影响因素广等特点,由此决定了对它进行管理与控制的复杂性。现代科学技术的实践表明,进入高科技时代的技术“半衰期”为10年,对于一项大型航空武器装备项目而言,其研制周期往往要10~20年,如果在研制过程中不对技术进度状态实行动态的计划控制,不下大力气抓好进度周期的管理控制,那么就会出现还未等交付使用,该项目就成为性能上的过时货的情况。尤其到了微电子革命时代,由于微电子技术的“半衰期”仅为3~5年,那些电子、信息技术密集型项目的工程技术老化程度就更快了。要想对航空武器装备项目研制过程进行很好的管理和控制,对过程进行评估是必不可少的一个重要环节。通过对其过程进行评估,可以正确地认识项

目的进展状态,包括是否与计划脱离,进度是否合理,甚至包括项目有无进行下去的必要,这对于保证航空武器装备的成功研制是十分重要的。

目前,国内外针对航空武器装备项目评估的研究大多集中在项目的预研阶段,其中又以风险评估做得最多,其次是技术和效能评估,专门针对航空武器装备项目过程进行的评估较少。美国在航空武器装备的研制过程中,一般在每一阶段都会进行阶段性的评估,用以评估该阶段的任务完成情况。我国的评估工作尚在探索阶段,评估的经验不足。目前国内外都还没有明确提出完善的航空武器装备项目过程评估的指标体系和综合评价模型,因此,本课题拟在这方面进行探讨。

1 设计原则

航空武器装备是异常复杂的项目,对其研制过程的评价不能只是一些指标的简单堆积和随意组合,而是应根据某些原则来建立,能够反映航空武器装备项目研制过程状况的指标集合。设计航空武器装备项目过程评估指标体系应遵循以下原则:

(1)系统整体性。

航空武器装备项目过程评价涉及的因素复杂,每个因子之间既相互独立又相互制约。所建指标体系要想充分反映研制过程的每一个方面,就必须具有层次性,从宏观到微观层层深入,形成一个完整的评价系统。

(2)客观科学性。

航空武器装备项目的研制过程涉及多种要素,包括费用、质量、风险、技术状态等多方面。评价指标体系的设计必须建立在科学的基础上,客观真实地反映航空武器装备项目研制过程的特征,同时还要体现数据来源的可靠性。

(3)独立性。

即指标体系中的指标应当互不相关、彼此独立。这样,既可以使指标体系保持比较清晰的结构,又可以控制指标体系中的指标数目。

(4)可测性和可比性。

* 航空科学基金(04J53075)、西北工业大学青年科技创新基金资助项目。

定性指标也应有一定的量化手段相辅助, 指标的计算方法也不能过于复杂。同时, 评价系统中的各个要素所起的作用并不是相同的。在建立航空武器装备项目过程评价指标体系时, 应当选择影响研制过程的主要因素, 忽视次要因素, 以便于对研制过程进行有效评价。

2 指标体系的构成

根据航空武器装备的特点和以上的设计原则构建指标体系, 见图 1。本课题指标体系的构建应用项目管理领域的相关知识, 把航空武器装备项目的研制作为一个整体项目来考虑, 把航空武器装备研制过程分为项目实施过程、项目控制过程、项目收尾过程 3 个部分。

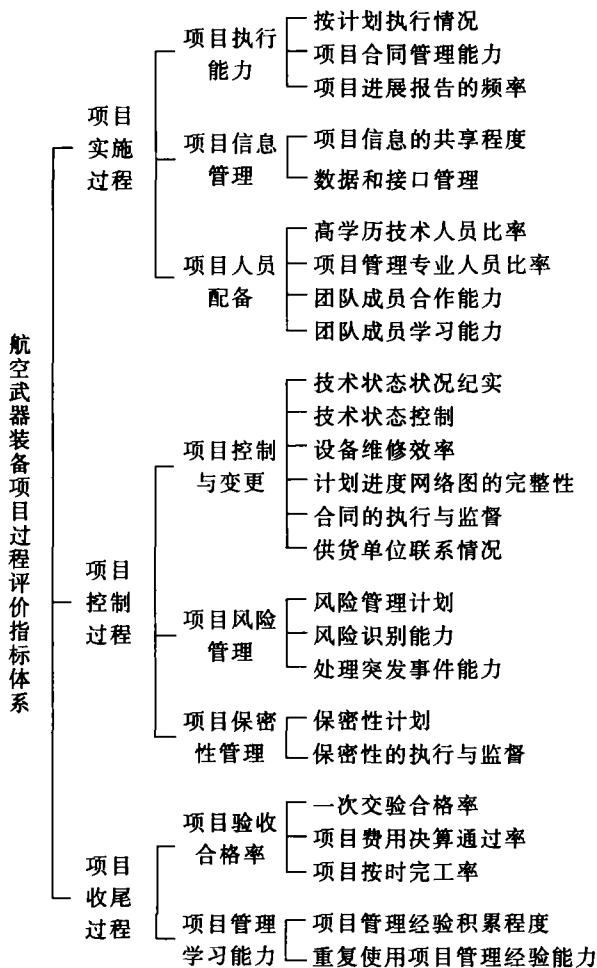


图 1 航空武器装备项目过程评价指标体系

Fig.1 Process evaluation index system for aerial weapon equipment project

3 应用灰色关联模型确立权重

由于航空武器装备项目的复杂性及特殊性, 其信息存在不完全性, 这一特点决定了对它进行评价可以考虑运用灰色系统理论。以下为运用灰色关联模型确定评价指标体系的步骤。

(1) 确定向量评语集。

根据一定的尺度, 确定评语集:

$$Z=(z_1, z_2, \dots, z_t, \dots, z_n), 1 \leq t \leq n。$$

(2) 确定一级指标及权重。

将影响航空武器装备项目研制过程的因素集按其属性分成 3 个一级指标集, 即 $U=\{U_1, U_2, U_3\}=\{\text{项目实施过程, 项目控制过程, 项目收尾过程}\}$ 。用 Delphi 法或专家评价法等方式来获取 $U_k (k=1, 2, 3)$ 对 U 的权重 b_k , 权重向量为 $\tilde{B}=\{b_1, b_2, b_3\}$ 。

(3) 确定二级指标。

一级指标 $U_k (k=1, 2, 3)$ 由若干个二级指标集组成, 即 $U_k=\{u_{k1}, u_{k2}, \dots, u_{kj}, \dots, u_{km}\}, j=1, 2, \dots, m$ 。式中, m 为 U_k 所包含的二级指标的数目。可以得到相关指标集的具体形式。

(4) 建立二级指标评价矩阵。

对 U 中每一个一级指标 $U_i (1 \leq i \leq 3)$ 相对应的每一个二级指标进行评价。令 $v_j \in \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ij}, \dots, u_{im}\}, 1 \leq j \leq m$ 。根据向量评语集, 得到其评价向量为 $e_i=(e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{ij}, \dots, e_{in})$, 从而形成评价矩阵

$$E=\begin{pmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1j} & \dots & e_{1n} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2j} & \dots & e_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ e_{i1} & e_{i2} & \dots & e_{ij} & \dots & e_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ e_{m1} & e_{m2} & \dots & e_{mj} & \dots & e_{mn} \end{pmatrix}。$$

(5) 评价矩阵的规范化处理。

为了消除不同指标不同量纲的影响, 针对不同类型的指标采取不同的规范化方法, 将其规范化为隶属于区间 $[0, 1]$ 上的极大化指标。下面各式中, 如未加说明, 则 $1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n$ 。

a. 极大型指标: 这类指标的特点是越大越好。令该指标的相对最大值为 $e_{dj}=\max_{1 \leq k \leq m} e_{kj}$, 则其规范化方法为

$$\tilde{e}_{ij}=\frac{e_{ij}}{e_{dj}}=\frac{e_{ij}}{\max_{1 \leq k \leq m} e_{kj}}。$$

b. 极小型指标: 这类指标的特点是越小越好, 令该

指标的相对最小值为 $e_{xj} = \min_{1 \leq k \leq m} e_{kj}$, 则其规范化方法为

$$\tilde{e}_{ij} = \frac{e_{xj}}{e_{ij}} = \frac{\min_{1 \leq k \leq m} e_{kj}}{e_{ij}}。$$

c. 定值型指标: 这类指标的特点是越接近某个值越好, 其规范化方法为

$$\tilde{e}_{ij} = \begin{cases} 1 & e_{ij} = e_{xj} \\ 1 - \frac{|e_{ij} - e_{xj}|}{\max_{1 \leq k \leq m} |e_{kj} - e_{xj}|} & e_{ij} \neq e_{xj} \end{cases}。$$

经规范化后, 作为对比的相对最优指标 $e_0 = (e_{01}, e_{02}, \dots, e_{0j}, \dots, e_{0n})$ 变为

$$\tilde{e}_0 = (\tilde{e}_{01}, \tilde{e}_{02}, \dots, \tilde{e}_{0j}, \dots, \tilde{e}_{0n}) = (1, 1, \dots, 1, \dots, 1),$$

从而, $u_i (1 \leq i \leq m)$ 的评价指标集规范化为

$$\tilde{e}_i = (\tilde{e}_{i1}, \tilde{e}_{i2}, \dots, \tilde{e}_{ij}, \dots, \tilde{e}_{in})。$$

这样, 评价矩阵 E 规范化为 \tilde{E} :

$$\tilde{E} = \begin{pmatrix} \tilde{e}_{11} & \tilde{e}_{12} & \dots & \tilde{e}_{1j} & \dots & \tilde{e}_{1n} \\ \tilde{e}_{21} & \tilde{e}_{22} & \dots & \tilde{e}_{2j} & \dots & \tilde{e}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{e}_{i1} & \tilde{e}_{i2} & \dots & \tilde{e}_{ij} & \dots & \tilde{e}_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{e}_{m1} & \tilde{e}_{m2} & \dots & \tilde{e}_{mj} & \dots & \tilde{e}_{mn} \end{pmatrix}。$$

根据灰色关联因子集的定义, 显然指标矩阵 E 具有灰色关联因子集的特点。

(6) 建立灰色关联评价矩阵。

根据灰色关联度的定义, 二级评价指标 v_j 的规范化评价价值 \tilde{e}_{ij} 与相对期望最优指标 \tilde{e}_{0j} 的灰色关联度为

$$r(\tilde{e}_{ij}, \tilde{e}_{0j}) = \frac{\min_{1 \leq i \leq m} \min_{1 \leq j \leq n} |\tilde{e}_{ij} - \tilde{e}_{0j}| + \rho \max_{1 \leq i \leq m} \max_{1 \leq j \leq n} |\tilde{e}_{ij} - \tilde{e}_{0j}|}{|\tilde{e}_{ij} - \tilde{e}_{0j}| + \rho \max_{1 \leq i \leq m} \max_{1 \leq j \leq n} |\tilde{e}_{ij} - \tilde{e}_{0j}|} = \frac{\min_{1 \leq i \leq m} \min_{1 \leq j \leq n} |\tilde{e}_{ij} - 1| + \rho \max_{1 \leq i \leq m} \max_{1 \leq j \leq n} |\tilde{e}_{ij} - 1|}{|\tilde{e}_{ij} - 1| + \rho \max_{1 \leq i \leq m} \max_{1 \leq j \leq n} |\tilde{e}_{ij} - 1|},$$

式中, ρ 为灰色关联的分辨系数, 其作用是调整比较环境的大小, 在实际应用中一般令 $\rho=0.5$ 。

令 $r_{ij} = r(\tilde{e}_{ij}, \tilde{e}_{0j})$, 则灰色关联评价矩阵为

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2j} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mj} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}。$$

(7) 计算模糊群灰色关联度与指标权向量。

本课题基于指标之间的群灰色关联度或模糊群灰

色关联度, 确定各个三级指标的权重。

群灰色关联度: 三级评价指标 v_j 与 \bar{v}_j (U_i 中除 v_j 之外的所有三级指标) 之间的群灰色关联度为

$$r^*(v_j, \bar{v}_j) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1, k \neq j}^n r(v_j, v_k),$$

式中, $r(v_j, v_k) = \frac{1}{m} \sum_{h=1}^m r(\tilde{e}_{hj}, \tilde{e}_{hk})$ 。

显然, 群灰色关联度 $r^*(v_j, \bar{v}_j)$ 反映了评价指标 v_j 对指标体系中其他指标的影响程度。如果该指标对其他所有指标的影响程度越大, 则该指标在系统中所含的信息量越大, 相对权重应该越高; 反之, 则说明该指标在系统中所含的信息量越小, 相对权重应该越低。对 n 个群灰色关联度 $r^*(v_j, \bar{v}_j)$ 进行规范化处理, 得到各个指标的相对权重为

$$w_j^* = \frac{r^*(v_j, \bar{v}_j)}{\sum_{j=1}^n r^*(v_j, \bar{v}_j)}。$$

4 结束语

本课题从航空武器装备项目研制的需要出发, 结合项目管理的相关知识, 构建了航空武器装备项目过程评估指标体系, 并探讨了运用灰色关联模型确定指标权重的方法。对航空武器装备项目研制过程进行评价是一个很复杂的问题, 本课题所建的指标体系还有待于进一步改进和完善。

参考文献

- [1] 白思俊. 现代项目管理 (上册). 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [2] 沈建明. 国防高科技项目管理概论. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [3] Pawlowski C W. Towards a sustainability index using information theory. Energy, 2005, 30: 1 221-1 231.
- [4] Lioua Y T. A fuzzy index model for trophic status evaluation of reservoir waters. Water Research, 2005, 39(7): 1 415-1 423.
- [5] 杨帆. 关联规则及其评估技术的应用研究[D]. 北京: 北京航空航天大学, 2004. (责编 咏智 钟元)

(上接第 89 页)

- [3] Wang G Z, Liu Y G, Chen J H. Investigation of cleavage fracture initiation in notched specimens of a C-Mn steel with carbides and inclusions. Mater Sci and Eng A, 2004, 369(1/2): 181-191. (责编 咏智 晓露)