

## 【后勤保障与装备管理】

## 基于 DEA 的可靠性增长试验目标选择方法

李强兵<sup>1</sup>, 赵嘉媛<sup>2</sup>

(1. 中国船舶重工集团 第七一〇研究所, 湖北 宜昌 443002;

2. 湖北三峡职业技术学院, 湖北 宜昌 443002)

**摘要:**利用 DEA 方法提出了可靠性增长试验的目标选择方法, 将目前企业实践过程中选择试验对象的主观判断转变为定量分析判断, 提高试验对象选择的可信度; 最后通过实例介绍了所提方法的应用。

**关键词:**可靠性增长试验; 试验目标选择; DEA 方法

**中图分类号:** TJ0

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-0707(2012)07-0072-02

可靠性增长试验是在产品功能和性能基本完善的基础上, 通过试验激发产品设计和制造的缺陷使之成为故障, 通过分析找出薄弱环节, 并在设计、生产和工艺等方面采取改进措施, 通过可靠性增长试验可使产品的可靠性得到不断提高。试验对象在可靠性增长试验过程中的作用非常重要, 同时可靠性增长试验所需资源较多、试验成本较高、试验时间较长, 因此如何选择最佳试验对象是企业进行可靠性增长试验时所面临的一个至关重要的问题。目前, 可靠性增长试验的目标选择主要是决策层和产品组相关技术人员主观判断过程, 因此有必要将试验目标的选择加以分析进行量化决策, 以更经济、更有效地进行可靠性增长试验。

本文通过对可靠性增长试验目标的选择原则进行分析, 建立选择备选试验目标的评价指标, 采用数据包络分析 (DEA) 模型计算企业进行可靠性增长试验的最佳试验目标, 通过计算相对效率确定进行可靠性增长试验产品的优先顺序。最后, 通过一个案例表明该方法是合理可行的, 降低了主观判断的影响, 提高了企业在进行可靠性增长试验目标的定量决策能力。

## 1 可靠性增长试验对象选择指标

可靠性增长试验通常需要使用综合试验仪器设备, 且试验过程较长, 需要投入较大人力、物力、财力, 因此一般只选择定量可靠性要求较高、产品应用的新技术多存在一定技术风险, 且对产品功能和性能有较大影响, 属于重要或关键的产品进行可靠性增长试验。

根据文献[1]归纳, 在此选择了可靠性增长试验目标选择的几个评价指标: 研制过程中试验发生故障次数; 产品对装备可靠性指标影响程度; 可靠性增长试验所需试验成本; 可靠性增长试验所需时间。

评价指标中试验成本可由试验人员或财务部门通过财务估算得出, 其他评价指标可以通过专家评分法得出, 对各

评价指标具体的专家评分方法如下:

研制过程调试或试验出现的故障率: 该产品或组部件在之前研制过程中调试、试验时发生故障的频次, 发生故障次数越多的产品评价价值越高, 反之评价分值较低, 评分值在 0~10; 产品对装备的可靠性指标影响程度: 产品可靠性指标对于系统可靠度的影响程度, 影响越大的产品专家评价价值越高, 反之评价分值较低, 评分值在 0~10; 可靠性增长试验成本: 试验所需的财务成本, 包括动力、物资器材的消耗、办公费用及其他费用, 采用财务成本直接作为评价指标; 可靠性增长试验所需时间: 进行试验所需的预计时间, 直接将试验所需时间 (单位: h) 作为评价指标。

## 2 基于 DEA 的可靠性增长试验对象选择方法

数据包络分析 (data envelopment analysis, DEA) 是一种目前广泛应用的效率分析方法, DEA 采用线性规划方法, 在观察输入输出数据的基础上, 对决策单元 (decision making units, DMU) 采用变化权对各 DMU 进行效率评价。在评价 DMU<sub>i</sub> 时, 就选择最有利于该 DMU<sub>i</sub> 的权, 从总体上对各输入输出数据进行分析, 可以得到各 DMU<sub>i</sub> 的相对效率, 评价结果不受人为因素的影响<sup>[2-3]</sup>。

假设存在  $n$  个 DMU, 每个 DMU 都有  $m$  个输入指标和  $s$  个输出指标,  $X_i$  和  $Y_i$  分别为第  $i$  个 DMU 的输入和输出向量,  $X_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi})^T$ ,  $Y_i = (y_{1i}, y_{2i}, \dots, y_{si})^T$ , 且均为已知数据, 可由企业实际调查和根据历史资料得到;  $v = (v_1, v_2, \dots, v_m)^T$ ,  $u = (u_1, u_2, \dots, u_s)^T$ , 分别为  $m$  个输入和  $s$  个输出对应的权向量且两者均为变量。

$$C^2R \begin{cases} \max \frac{u^T Y_0}{v^T X_0} = V^* P \\ \frac{U^T Y_i}{V^T X_i} \leq 1, i = 1, \dots, n \\ u \geq 0, v \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

收稿日期: 2012-05-11

作者简介: 李强兵 (1985—), 男, 主要从事质量管理与可靠性研究。

由 Charnes-Cooper 变换,线性规划式(1)可转化为等价的线性规划模型,如式(2):

$$P_{C_2R}^I \begin{cases} \min \theta \\ \sum_{i=1}^n X_i \lambda_i + S^- = \theta X_0, i = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n Y_i \lambda_i - S^+ = Y_0, i = 1, 2, \dots, n \\ \lambda_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中: $\lambda_i$  为输入输出指标的权系数; $S^-$ 、 $S^+$  分别为输入和输出的松弛变量; $\theta$  为决策单元 DMU<sub>0</sub> 相对效率的评价结果。

基于 DEA 的可靠性增长试验对象选择是把每个试验对象的选择作为 1 个决策单元 (decision making units, DMU), 每个 DMU 都有  $m$  种输入 (表示该决策单元为了达到活动目的所需“资源”的消耗) 和  $s$  种输出 (表示该决策单元消耗了“资源”后表明成效结果的指标), 将试验对象的所有属性

(即试验对象选择的评价指标) 分成输入、输出指标 (输入的数据应越小越好, 输出的数据应越大越好), 利用 DEA 模型计算各决策单元的相对效率, 即可得出各个试验对象的可靠性增长试验效率, 计算所得效率排名即为可靠性增长试验目标选择的优先顺序。

### 3 基于 DEA 的可靠性增长试验目标选择应用实例

假设根据装备实际情况, 某企业产品组有 10 个可靠性增长试验对象备选, 其产品代码分别为 A、B、C、D、E、F、G、H、I、J, 根据企业数据采集和组织专家评分, 得出的输入、输出详细数据见表 1, 根据 Charnes 经验公式, 决策单元应该满足  $n \geq 2(m+s)$ , 即备选单元不应小于 8 个, 本实例中共有 10 个备选决策单元。

表 1 预计进行可靠性增长试验产品的输入输出数据

DMU <sub>i</sub>	输入数据		输出数据		DEA 相对效率	相对排名
	试验成本	试验所需时间	故障频率	可靠性指标影响程度		
A	3 000	36	5	6	0.486	10
B	2 000	25	7	9	1.000	1
C	3 500	30	6	7	0.673	9
D	2 500	32	8	8	0.914	3
E	2 700	31	8	7	0.884	5
F	3 100	26	9	8	0.996	2
G	4 200	32	7	8	0.728	7
H	3 600	29	7	7	0.743	6
I	2 800	28	8	6	0.911	4
J	3 200	33	6	8	0.692	8

经过 DEA 方法计算, 从表 1 数据可以得出可靠性试验备选目标 B 的相对效率最高, 备选目标 A 的相对效率最小, 因此在进行可靠性增长试验时若受试验进度要求、成本要求较高, 无法对所有备选目标进行可靠性增长试验时, 可根据约束指标选择相对效率较高及排序靠前的备选试验目标。

### 4 结束语

本文首次将 DEA 方法引入到可靠性增长试验目标选择计算中, 首先企业根据实际应用过程中对可靠性增长试验目标进行分析建立选择对象的评价指标, 并分成输入、输出指标, 然后对预计进行可靠性试验目标评价指标进行调查, 确定各评价指标值或专家评价价值, 后采用 DEA 方法计算得出进行各个可靠性试验目标的相对效率, 从而得出各个试验目标的优先顺序。采用数据包络分析 (DEA) 模型计算企业进行可靠性增长试验时, 不但可迅速及时地进行大量数据处理, 而且还避免了主观数据的需求, 提高了可靠性增长试验目标选择结果的客观性。

### 参考文献:

- [1] 龚庆祥. 型号可靠性工程手册 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [2] 马立杰. DEA 理论及应用 [D]. 济南: 山东大学, 2007.
- [3] 魏权龄. 数据包络分析 (DEA) [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [4] 邵红梅, 张耀辉. 基于 DEA 的广州各产业自主创新能力评估与重点产业选择 [J]. 科技管理研究, 2009 (9): 103 - 105.
- [5] 王星博, 李本威, 陈定海, 等. 一种可靠性增长试验抽样数 Max-Min 准则的反馈修正方法 [J]. 海军航空工程学院学报, 2010 (5): 488 - 491.
- [6] 张宏峰, 王晓林, 邢文忠. 伺服系统加速可靠性增长试验应用与探讨 [J]. 装备环境工程, 2011 (4): 82 - 85.

(责任编辑 周江川)