

寿命周期费用估算中的敏感度分析

陈永龙¹ 徐宗昌¹ 何国良²

(装甲兵工程学院 1. 技术保障工程系; 2. 科研部, 北京 100072)

摘 要: 针对寿命周期费用估算和分析时存在的费用不确定性, 需要对关键参数进行敏感度分析, 否则会影响到结果的正确性。通过分析引起费用不确定性的因素, 阐述了敏感度分析的内涵和分析步骤。为了验证该方法, 举出示例加以说明。认为: 敏感度分析的费用估算与分析中的运用, 将对合理决策产生重要作用。

关 键 词: 寿命周期; 费用估算; 不确定性; 敏感度分析

中图分类号: E92; E237

文献标识码: A

文章编号: 1672-1497 (2005) 01-0011-04

对装备或设备进行寿命周期费用估算与分析时, 必须对所估算对象的设计、制造、试验、培训、使用与保障等剖面尽可能地做出充分的描述, 这种对于未来事件或环境情况的任何描述总是具有主观推断的性质。因此, 各种费用单元与要素, 如购置费、维修费以及使用年限等数据多是在对未来的预测和判断的基础上, 使得费用估算存在各种不确定性因素, 将会使费用估算和分析的可靠程度受到影响, 给决策带来风险。因此, 要进行费用敏感度分析, 研究这些不确定因素的变化对费用估算影响的敏感程度, 以提高费用估算的精度, 减少决策的风险。

1 费用不确定性

1.1 不确定性的定义及其表示方法

不确定性是指不受控随机事件按未知概率分布发生所导致的结果。一般来说, 费用不确定性所导致的结果会出现不能准确地进行估算和因缺乏信息而无法掌握概率分布等 2 种情况。对前者的处理为“风险分析”, 对后者的处理为“不确定性分析”。风险与不确定性的一个明显差异是前者的不希望事件的概率分布可用随机抽样的方法求得, 而后者的不希望事件却无法求得其概率分布。

表 1 对不确定性的表示方法进行了描述^[1]。在对费用不确定性的处理上, 按照自上而下的顺序, 下一种表示方式较上一种表示方式更为具体。

1.2 产生不确定性的因素

对费用估算所作假设的不确定性, 即对所估算费用装备的未来事件或环境描述的不确定性是导致产生估算费用不确定性因素的原因。产生费

用不确定性因素可能很多, 主要有以下 4 种。

(1) 由于设计要求变化带来的不确定性。装备寿命周期费用的绝大部分在设计阶段就已确定, 研制过程中如果设计要求发生变化, 必将引起费用的变化。设计要求变化的原因有: (a) 客观条件变化, 如原定的工作参数、产量, 某些性能要求改变, 或某项配套设备更改, 必须改变原设计; (b) 研制、生产过程中发现原设计有缺陷, 需要加以改进; (c) 对原计划的进度要求发生变化; (d) 原设计所提要求不合理, 必须改变等。

(2) 由于技术原因带来的不确定性。引起费用不确定的重要因素, 主要表现在: (a) 由于原材料供应的原因, 如供应不畅耽误时间、原材料价格波动等使费用发生变化; (b) 加工条件的变化, 诸如工作人员数量和劳动强度等方面的变化等也可引起费用变化; (c) 技术水平的提高虽然需要大量资金支撑, 但可减少设计生产时间和所需的人力资源, 势必会引起费用变化。

(3) 费用估算不准确带来的不确定性。在建立数学模型时有些因素被忽略, 或所建立的模型本身不准确, 估算时所依据的原始数据不准, 所采集数据不足甚至不准, 或采用的估算方法不同, 以及对模型或数据的修改等, 都会导致费用不确定。

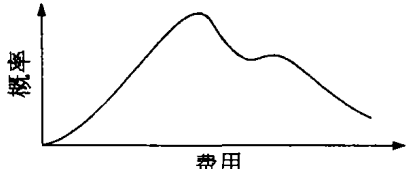
(4) 其它原因引起的项目投资超支和建设工期拖长。由于劳动熟练程度的提高使所需工时减少、物料节省, 利率的变化使折算的金额改变, 通货膨胀率的变化引起物价的变化等, 都使实际的费用与估算值有差异, 导致费用不确定。

2 费用敏感度分析

收稿日期: 2004-11-03

作者简介: 陈永龙 (1975-), 男, 河南罗山人, 工程师, 博士研究生。

表 1 不确定性的表示方法

不确定性的表示形式	不确定性的具体程度
1. 估计某型装备的寿命周期费用为 1 500 万元。	1. 没有表示不确定性。
2. 估计某型装备的寿命周期费用为 1 500 万元，但不能保证（不能断定）这个数字是准确的。	2. 含糊地、定性地表示不确定性存在。
3. 估计某型装备的寿命周期费用在 1 100~1 900 万元之间。	3. 给出了一个表示不确定性大小的范围。但是没有给出概率数据，没有指出费用值落在 1 100~1 900 万元范围内的概率究竟是 1%、10% 还是 100%，也没有说明费用值可能是更接近 1 100 万元这边，还是更接近 1 900 万元那边。
4. 给一个“强概率”：某型装备的寿命周期费用为 1 100~1 500~1 900 万元。1 500 万元是中心倾向性的某种量度（均值、中数）。1 100 万元和 1 900 万元是费用值的上下极限。	4. 用一个形容词粗略地表示概率。
5. 估计某型装备的寿命周期费用为 1 100~1 500~1 900 万元，概率为 0.95。这种数值表示方法的含义与上述第 4 条相同。	5. 用一个比较准确的数字代替前一条给的形容词。
6. 	6. 给出整个概率分布，并用一条曲线加以描述（此条所给出的信息数量比第 5 条多，而第 5 条又比第 4 条多，第 4 条又比第 3 条多，如此等等）。

2.1 敏感度分析的定义

在费用估算或分析时，可能会有少数几个关键参数，由于输入数据不充分、不准确或受某些约束条件的限制等原因，使分析结果的可信程度难以确定而影响权衡分析时，需要进行敏感度分析。敏感度分析是将参数的量值扩大或缩小若干倍并输入模型，求解输出的变化对权衡分析结果的影响。若参数变化是在不敏感的区域，则对权衡分析结果的影响很小^[2]。敏感度分析的实质是分析引起事物变化原因的变化对事物变化结果的影响程度。这种分析因果敏感程度的分析方法应用范围十分广泛，应用于寿命周期费用估算与分析方面的是费用敏感度分析。费用敏感度分析主要分析重要费用不确定因素（一个或多个重要因素）的变化对费用估算结果的敏感程度。它是对投资项目与其它经营管理决策中最常用和最有效的一种不确定性分析方法。

2.2 费用敏感度分析的内涵

敏感度分析可在寿命周期费用估算与分析过程的不同阶段上进行。在建立费用估算模型时，需进行敏感度分析，通过变换影响费用的重要因素，观察所估算结果的变化，来检验重要的关键因素是否已包括在估算模型中，是否正确反映了它们对所估算费用的影响程度。对系统进行综合分析时，亦要进行敏感度分析。因为构成寿命周期费用的各个费用单元是互相关联的，某些费用

影响因素的变化，作用于不同的费用单元，可能起到相互补偿的作用。通过敏感度分析可以确定哪些因素影响寿命周期费用，影响的程度有多大，是否会推翻选定的决策方案或更改待选方案的顺序，以提高决策的准确性。它还将启发人们对较敏感的因素重新进行分析，提高预测的可信程度，找出装备改进的主攻方向。通过分析可以区分出敏感度大或小的方案，以及执行不同的方案的风险情况。

2.3 分析的步骤

根据每次改变因素的数目，敏感度分析可分为单因素敏感度分析和多因素敏感度分析。可根据实际需要来确定分析的种类。

进行费用敏感度分析的基本步骤是：

（1）根据费用估算与分析的目标，确定敏感度分析的要求，如通过敏感度分析确定对寿命周期费用的总现值，或其中某个主费用单元或费用单元现值的费用影响因素；

（2）根据假设与约束条件和费用分解结构，确定重要费用不确定性因素；

（3）确定每个费用不确定性因素的变化范围，即确定最可能值（最常见情况下的值）、乐观值（在较好情况下的值）和悲观值（在最坏情况下的值）；

（4）逐一将每个重要费用不确定因素在乐观值与悲观值的范围内以一定的百分数变化，其他

重要费用不确定因素固定于最可能值，计算出对所估算或分析的费用值的敏感程度（以百分数表示）；

（5）进行综合分析，确定出对所估算或分析的费用影响大的费用不确定因素以及影响的程度，为费用的控制与管理决策提供依据。

图1是某型飞机使用与保障费用的敏感度分析结果^[1]。图中表示了4项因素变化引起的使用与保障费用的变化，均采用相对的百分数来表示。由图可见，影响使用与维修费用最大的2项因素是每飞行小时所需的维修人时和平均大修间隔时间。要减少使用与保障费用主要应当在改进飞机的可靠性与维修性上下功夫，以减少飞机每飞行小时的维修人时和增大平均大修间隔时间。

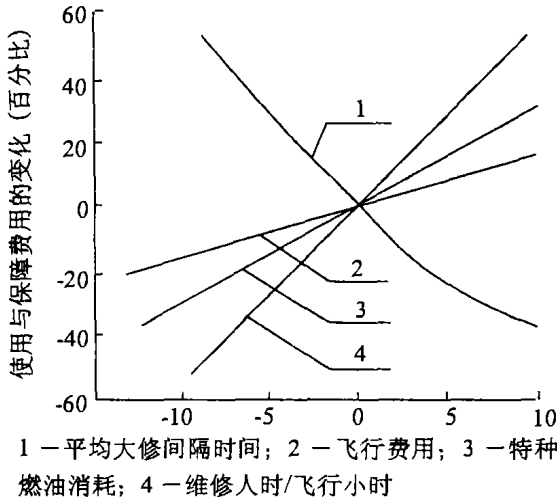


图1 某型飞机使用与保障费用敏感度分析结果

3 分析示例

某种设备的费用数据如表2所示。试分析物价指数由8%增加到16%后，设备工作10年期间维修费和使用费对寿命周期费用总现值的影响。

将物价指数分别为8%、16%时维修费和使用费的数据列于表3和表4中。

由表3可以看出，当维修费由原物价指数8%上升到16%后，设备寿命周期费用总现值由2 885.6万元增加到2 974.7万元。其费用变动率N为

$$N=\frac{Y}{X}=\frac{2\,974.7}{2\,885.6}=1.031,$$

即增加了3.1%。

由表4可以看出，当使用费由原物价指数8%上升到16%后，设备寿命周期费用总现值由2 885.6万元增加到2 921.3万元。其费用变动率为

$$N=\frac{Y}{X}=\frac{2\,921.3}{2\,885.6}=1.012.$$

即增加了1.2%。

通过对在寿命周期费用总现值中占有较高比例的维修费和使用费进行敏感度分析，得出维修费的变化比使用费变化对总现值更为敏感。

4 结束语

进行敏感度分析时，对于产生重要影响的关键因素，应收集更多的信息和对结果进行再研究，以利于作出比较合理的决策。另外，还要注意下列事项：

- （1）确定考虑的基本方案；
- （2）将重要因素逐一变化以检查它们对结果的影响；
- （3）挑出被认为对寿命周期费用影响大的重要因素；
- （4）作为重要因素的变化范围，确定它可能发生的幅度，一般要参考3种估算值（即：最可能值、乐观值和悲观值）来变化的幅度；
- （5）确定如何综合敏感度分析所获得的结果。

参考文献：

[1] 李明，刘澎，张宏森，等. 武器装备发展系统论证方法与应用[M]. 北京：国防工业出版社，2000.
[2] 徐宗昌. 保障性工程[M]. 北京：兵器工业出版社，2002.
[3] 罗云，张俊迈，吴奕亮. 设备寿命周期费用方法及其应用[M]. 北京：海洋出版社，1992.

表2 某种设备费用数据

万元

项 目	年 份										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
购置费	1 382.00										
维修费		128.00	138.24	149.30	161.24	174.10	188.00	203.00	219.00	237.00	255.80
使用费		51.40	55.50	60.00	64.70	70.00	75.50	81.60	88.00	95.00	102.70
小计	1 382.00	179.40	193.74	209.30	225.84	244.10	283.50	284.60	307.00	332.00	358.50
现值系数		0.909 1	0.826 4	0.751 3	0.683 0	0.620 9	0.564 5	0.513 2	0.466 5	0.424 0	0.385 5
现值		163.09	160.11	157.25	154.32	151.56	148.75	146.34	143.22	140.77	1 138.2
总现值	1 382.00	1 545.1	1 705.2	1 862.6	2 016.8	2 168.3	2 317.1	2 463.4	2 606.6	2 747.4	2 885.6

注：物价指数*r*=8%，贴现率*i*=10%。

表 3 敏感度分析费用数据 (维修费物价指数由 8% 增加到 16%)

万元

项 目	年					份				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
维修费	128.0									
8%物价指数		138.24	149.30	161.24	174.10	188.00	203.00	219.00	237.00	255.80
16%物价指数		148.48	172.24	199.80	231.77	268.85	311.87	361.77	419.65	486.79
差额		10.24	22.94	38.56	57.67	80.85	108.87	142.77	182.65	230.91
按贴现率 $i=10\%$ 计算		8.46	17.23	26.73	35.80	45.64	55.87	66.60	77.44	89.05
物价指数 8% 的总现值	1 545.1	1 705.2	1 862.5	2 016.8	2 168.3	2 317.1	2 463.4	2 606.6	2 747.4	2 885.6
物价指数 16% 的总现值	1 545.1	1 713.7	1 879.7	2 043.1	2 204.5	2 362.7	2 519.3	2 673.2	2 824.9	2 974.7

表 4 敏感度分析费用数据 (使用费物价指数由 8% 增加到 16%)

万元

项 目	年					份				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
使用费	51.4									
8%物价指数		55.50	60.00	64.70	70.00	75.50	81.60	88.00	95.00	102.70
16%物价指数		59.62	69.16	80.23	93.07	107.96	125.23	145.27	168.51	195.48
差值		4.12	9.16	15.53	23.07	32.46	43.63	57.27	73.51	92.68
按现值计算增加 $i=10\%$		3.40	6.88	10.61	14.32	18.32	22.39	26.71	31.17	35.73
物价指数 8% 的总现值	1 545.1	1 705.2	1 862.5	2 016.8	2 168.3	2 317.1	2 463.4	2 606.6	2 747.4	2 885.6
物价指数 16% 的总现值	1 545.1	1 708.6	1 869.3	2 027.4	2 182.6	2 335.4	2 485.8	2 633.3	2 778.6	2 921.3

Sensitivity Analysis for Life-cycle Cost Estimate

CHEN Yong-long¹ XU Zong-chang¹ HE Guo-liang²

(1. Department of Technical Support Engineering of Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China ;

2. Department of Scientific Research of Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: There exists cost uncertainty when estimating and analyzing the life-cycle cost. Because the uncertainty can affect the result validity, the key parameters need sensitivity analysis. This paper not only analyzes the factors leading up to uncertainty, but expounds the connotation and process of sensitivity analysis. For validating the method, an example is put forward for explaining the argumentation. The following conclusion can be drawn: the sensitivity analysis will play important role for reasonable decision-making while the life-cycle cost estimation and analysis.

Key words: life-cycle; cost estimation; uncertainty; sensitivity analysis