

文章编号: 1007-2993(2003)01-0060-03

决策理论在工程中的应用^{*}

贾超 刘宁

(河海大学土木工程学院, 南京 210098)

【摘要】 客观存在的诸多不确定性因素,使得工程系统的规划和设计不可避免地存在着风险。如何把风险降到最低限度同时使得工程建设的费用也达到最低,决策理论给出了答案。

【关键词】 决策;决策树;经济价值;效益;工程

【中图分类号】 O 225;

Application of Decision-making Theory in Engineering

【Abstract】 There are Many uncertain factors caused risk in engineering construction. How to reduce the risk and at the same time how to make the construction expense minimum, these are important questions. Decision-making theory gives the answer. EUV (expected utility value) criteria is used in decision-making to choice the foundation type case and calculate the cost of experiment in three situations, and an example case is given.

【Key words】 decision-making; economic-value; utility value; engineering

0 引言

岩土体的性质千差万别,存在着很大的随机性,在未确切得知岩土体的工程地质条件的情况下,对工程进行规划和设计就必然存在着一定的风险,因而也必然有不同的对策,即方案。对一个方案的选择要力求使工程的风险降到最低,同时使工程建设的费用也应尽可能地少,即在风险与费用之间寻求一个最佳的平衡点。决策理论就是应这一要求而产生的,但它更多地被应用于经济管理领域^{[1][2]},如何将其移植到工程规划与设计中来,越来越多的人正在进行这方面的研究工作。

1 决策问题的一些特征

在一般的决策问题中,决策分析至少应包括以下一些方面^[3]:

1) 应有至少两个以上的备选方案方能进行决策分析,需要的话,应包括补充资料的收集。

2) 与每一方案有关的各种可能的结果。

3) 与每一结果有关的概率估计。

4) 与每一方案及其结果相结合的有关后果的评价。

5) 决策的准则的确定。

6) 方案的评价。

2 本文决策准则的确定

决策分析的目的就是确定最优的方案,如果知道了各因素的确切的经济价值,最大期望的经济价值准则(EMV)可以作为决策的一个很好的准则。但仅在很少的情况下,决策者才能在了解确切的经济价值的情况下进行方案的比较选择。因此,在更多的情况下,最大经济价值准则是不适用的,因为方案的某些属性有时是不能用经济价值去衡量的,如文中即将给出的基础沉降量。另外在其他方面,时间因素、政治因素等,这些都很难用经济价值来衡量。为了建立一个统一的尺度来衡量一个方案的优

^{*}教育部科学技术研究重点项目资助

作者简介:贾超,男,1976年生,汉族,江苏徐州人,博士。主要从事工程可靠度及风险决策方面的研究工作。

劣, 引进了“效益 (utility)”的概念, 对决策者来说, 其含义是价值的真实量度^[3]。它在决策中起到一种桥梁的作用, 通过它可以把经济价值因素和非经济价值因素进行相结合。通过判定期望效益的大小来决定方案的优选。

只要已知每一后果的效益, 每一方案的期望效益值可由下式给出。

$$E(U_i) = \sum_j p_{ij} u_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式中: u_{ij} 为与方案 i 有关的第 j 项结果的效益; U_i 为方案 i 的效益。因此, 使期望效益达到最大值, 就可得到最大期望效益价值准则 (EUV)。根据这个最大 EUV 准则, 最优方案的期望效益价值为:

$$E(U_{opt}) = \max\left\{\sum_j p_{ij} u_{ij}\right\} \quad (2)$$

3 算例分析

岩土工程师需要在—幢拟建房屋的两种基础方案之间做出决策, 第一种方案 A 称之为浮筏基础, 需要进行大量的开挖, 如在正常条件下将耗资 200 万元, 但是将有 0.4 的概率可能出现由于应力释放导致的基坑底部土层的隆起以及需要排水施工的问题, 在此情况下还需要额外的费用 50 万元。第二种方案 B 是浅挖的刚性基础, 费用为 150 万元。在表土层以下有一层很厚的正常固结的粘土层。因此, 方案二将会遇到沉降问题。根据粘土层压缩性的高低, 期望沉降量见表 1。

表 1 场地土沉降量表

| 压缩性 | 沉降量 s/cm | 概 率 |
|-----|---------------|-----|
| 高 | 4 | 0.4 |
| 低 | 2 | 0.6 |

可以认为浮筏基础的沉降量可以忽略不计。根据对经济价值与沉降量的效益的研究结果, 认为具有下面的联合效益函数:

$$u(d, s) = -0.1d - s^2 \quad (3)$$

式中: d 为以万元计的经济价值; s 以厘米计的沉降量。

问题 1 在现有的信息情况下如何选择基础方案

为了选择一个最佳方案, 我们做出下面的决策树模型(见图 1)。

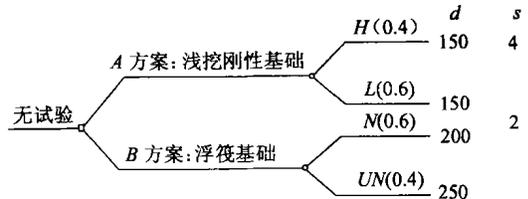


图 1 现有信息情况下基础方案的决策树

图 1 中: N —正常情况, UN —土层隆起, H —高压缩性, L —低压缩性, d —以万元计的经济价值, s —以厘米计的沉降量。

先计算浮筏基础的期望效益值:

$$U(B|N) = -0.1 \times 200 = -20$$

$$U(B|UN) = -0.1 \times 250 = -25$$

$$E[U(B)] = -20 \times 0.6 + (-25) \times 0.4 = -22$$

计算浅挖刚性基础的期望效益值

$$U(A|H) = -0.1 \times 150 - 4^2 = -31$$

$$U(A|L) = -0.1 \times 150 - 2^2 = -19$$

$$E[U(A)] = -19 \times 0.6 + (-31) \times 0.4 = -23.8$$

因为 $E[U(B)] > E[U(A)]$

所以在现有信息的情况下应当选择方案 B , 即浮筏基础。

问题 2 在试验的基础上选择方案, 如何控制实验费用

已知进行试验可以对场地粘土的压缩性提供某些信息, 据以往统计, 当场地土确实为高压缩性土时, 试验结果表明为高压缩性土的概率为 0.85, 当场地土确实为低压缩性土时, 试验结果表明为低压缩性土的概率为 0.8。在此情况下确定方案, 估计这种情况下对试验的费用的投入应当多少?

首先应当知道试验结果的概率为多少。用 $H0$ 表示实验结果为高压缩性土, $L0$ 表示实验结果为低压缩性土。 H 表示场地土为高压缩性土, L 表示场地土为低压缩性土。有以下的关于场地土压缩性的先验概率和似然率

$$P(H) = 0.4 \quad P(L) = 0.6$$

$$P(H0|H) = 0.85 \quad P(L0|L) = 0.8$$

根据 Bayes 理论^[4]，我们可以得到场地土压缩性的后验概率值，计算结果为

$$P''(H|H0) = 0.74 \quad P''(L|H0) = 0.26$$

$$P''(L|L0) = 0.89 \quad P''(H|L0) = 0.11$$

一般来说，在试验基础上的效益值不应比没有试验时的效益值低。我们做出下面的决策树模型(见图2)。

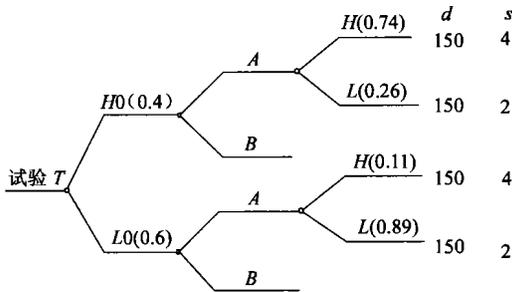


图2 带有试验的基础方案的决策树

B 方案浮筏基础的效益值同无试验时的效益值相同，应为 -22。

如试验表明场地土为高压缩性土，则有

$$U(A|H, H0) = -0.1 \times 150 - 4^2 = -31$$

$$U(A|L, H0) = -0.1 \times 150 - 2^2 = -19$$

$$U(A|H0) = -0.74 \times (-31) + 0.26 \times (-19) = -27.88$$

$$E(B|H0) = -22$$

此时应当选择方案 B 浮筏基础。

如果试验表明场地土为低压缩土，有下式

$$U(A|L, L0) = -0.1 \times 150 - 2^2 = -19$$

$$U(A|H, L0) = -0.1 \times 150 - 4^2 = -31$$

$$U(A|L) = -31 \times 0.11 + (-19) \times 0.89 = -20.32$$

$$U(B|L0) = -22$$

此时应当选用 A 方案浅挖刚性基础。

因此，试验的期望效益为

$$U(T) = -20.32 \times 0.5 - 22 \times 0.5 = -21.16$$

进行这样的试验其费用的最大值为 $[-21.16 - (-22)] = 0.84$ 万元

问题3 进行一项准确实验最高费用为多少

现在，有一项试验，可以得出场地土的压

缩性的具有 100% 可靠度的准确信息，如果进行这样的试验其费用应控制在多少？

为解决这一问题，我们的决策树见图3。

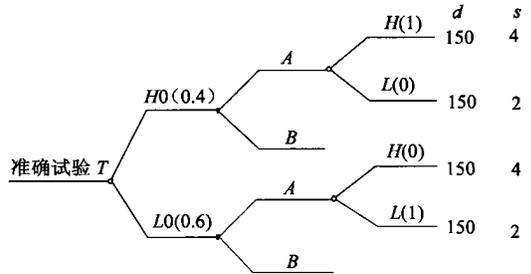


图3 准确试验下基础方案的决策树

可以得出进行准确试验情况下的效益为

$$E[U(T)] = 0.4 \times (-22) + 0.6 \times (-19) = -20.2$$

所以进行准确试验的最大费用不应超过 $[-20.2 - (-22)] = 1.8$ 万元，这也是进行试验所能承受费用的极限值。

4 结论

笔者把决策理论应用于工程方案的选择与试验费用的估计中，方法是可行的。用期望效益作为决策准则克服了用期望经济价值作为决策准则时某些因素无法用经济价值来衡量的缺点，在经济因素和非经济因素之间架立起了一座桥梁。用联合效益函数使两者之间达到了一种很好的统一。

参 考 文 献

- 1 北京奥尔多投资研究中心主编. 风险不确定性与秩序. 北京: 中国财政经济出版社, 3~5
- 2 王春风. 金融市场风险管理. 天津: 天津大学出版社, 2001. 1~4
- 3 Ang A H-S, Tang W H. Probability concepts in engineering planning and design Volume II- Decision, Risk, and Reliability. 1990, 40~45
- 4 言茂松 编著. 贝叶斯风险决策工程. 北京: 清华大学出版社, 1989. 20~29
- 5 Alfredo H. - S. Ang Wilson H. Tang 著. 工程规划与设计中的概率概念 (第 II 卷). 孙芳垂 等译. 北京: 冶金工业出版社, 1991. 4~106

收稿日期: 2002-11-08