

高速公路养护定额数据处理

戚云生¹, 姚玉玲¹, 丛卓红², 杨 红³

(1 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2 长安大学 道路施工技术与装备教育部重点实验室, 陕西 西安 710064 3 重庆高速公路集团有限公司, 重庆 401121)

摘 要: 为了科学合理地确定高速公路养护工程定额, 收集养护工程人工、材料、机械台班消耗基础数据, 测定养护工程项目的工作时间消耗数据, 运用加权平均量的自收敛性原理, 得到了确定权重系数的协方差模型, 对某施工现场实测数据进行实例分析, 并将结果和平均先进法得出的结果进行了比较, 表明该模型是确定高速公路养护定额的一种较科学合理的方法。

关键词: 道路工程; 高速公路; 养护定额; 平均先进法

中图分类号: U418.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-6248(2010)02-0050-03

高速公路养护工程定额的研究, 主要是在养护工程符合管理要求, 各分项、各工序采用合理施工组织并正常施工的条件下, 确定人工、材料、机械设备实物消耗量, 以编制养护工程预算定额。其中主要采用计时观察法来确定各工程细目人工、材料、机械消耗工作时间。由于实际工作中, 每一施工过程都受不同施工条件的影响, 因此对同时进行观察的施工过程数目和对其观察的次数均应有一定的要求, 这样才可得到符合相应精度要求的样本数据。对观察到的这些数据, 通常采用平均修正法处理^[1-3]; 但由于同一施工过程所选择的各观测对象生产技术水平和管理水平差异, 因此应考虑不同观察对象所得数列的特征, 采用不同的权重处理观察数据。传统确定权重系数的方法存在着主观性强, 评价过程的透明性、再现性差, 对样本信息反映不足等缺点^[4-6]。本文运用加权平均量的自收敛性, 建立权重系数的协方差模型^[7], 并以各养护分公司为评价单元处理观察数据, 使数据的处理结果更具合理性, 以确定养护定额水平。

一、模型的建构及推导

在线性综合评价系统中, 设系统综合评价分数 Y 由 p 个评价因素组成, 即

$$Y = \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_p X_p \quad (1)$$

其中, X_1, X_2, \dots, X_p 为各个指标的评价或观测; $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ 是对应指标的权重系数。在线性综合评价系统中, 如果各随机变量 X_1, X_2, \dots, X_p 的数学期望和方差都存在, 则称系统综合评价分数 Y 对应的随机变量的方差取最小性质为加权平均量的自收敛性; 指标的权重系数 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ 应满足下列条件

$$\begin{cases} m \cdot D(Y) \\ \sum_{i=1}^p \alpha_i = 1 \\ \alpha_i \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: $D(Y)$ 为 Y 的方差; $i = 1, 2, \dots, p$ 。

以连续型随机变量为例, 用拉格朗日乘积因子法来推导权重系数。对于随机变量 Y , 数学期望为

收稿日期: 2010-03-01

基金项目: 重庆市交通委员会科技计划项目 (2171-2009412)

作者简介: 戚云生 (1986-), 男, 江苏徐州人, 工学硕士研究生。

$E(Y) = \sum_{j=1}^p \alpha_j E(X_j), j = 1, 2, \dots, p$; 方差为 $D(Y) = E(Y^2) - (E(Y))^2$, 其中 $E(Y^2) = \int \dots \int \sum_{j=1}^p \alpha_j x_j^2 f(x_1, x_2, \dots, x_p) dx_1 dx_2 \dots dx_p$, 构造拉格朗日函数

$$L = D(Y) - \lambda (\sum_{j=1}^p \alpha_j - 1) \quad (3)$$

式中: L 为 Y 的拉格朗日函数; λ 为系数。

对拉格朗日函数 L 求偏导得

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial \alpha_i} &= 2 \int \dots \int \sum_{j=1}^p \alpha_j x_j x_i f(x_1, x_2, \dots, x_p) \cdot \\ &\quad dx_1 dx_2 \dots dx_p - 2 (\sum_{j=1}^p \alpha_j E(X_j))^2 E(X_i) - \lambda = \\ &= 2 \sum_{j=1}^p \alpha_j (E(X_j X_i) - E(X_j) E(X_i)) - \lambda = \\ &= 2 \sum_{j=1}^p \alpha_j \text{cov}(X_j, X_i) - \lambda = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

令 $\frac{\partial L}{\partial \alpha_i} = 0$ 协方差矩阵

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \text{cov}(X_1, X_1) & \dots & \text{cov}(X_1, X_p) \\ \vdots & & \vdots \\ \text{cov}(X_p, X_1) & \dots & \text{cov}(X_p, X_p) \end{bmatrix},$$

记加权平均量的权重系数 $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p)'$, $I = (1, 1, \dots, 1)'$, 则由式(4)可以得到

$$2 \Sigma \alpha = \lambda I \quad (5)$$

由此可以得出结论: 当随机变量 X_1, X_2, \dots, X_p 的协方差矩阵存在时, 加权平均量的权数应满足

$$\begin{cases} 2 \Sigma \alpha = \lambda I \\ \sum_{j=1}^p \alpha_j = 1 \\ \alpha_j \geq 0 \end{cases} \quad (6)$$

在多元正态分布中, 协方差矩阵一般都是正定的^[8]。把正定矩阵 A 的所有元素的和记为 $\alpha(A)$, 则有 $\alpha(A) > 0$ 。由于 Σ 正定可逆, 在 $2 \Sigma \alpha = \lambda I$ 两边同时乘上其逆矩阵, 整理得

$$\alpha = \frac{\lambda}{2} \Sigma^{-1} I \quad (7)$$

并将 $\sum_{i=1}^p \alpha_i = 1$ 代入式(6), 可得 $I \alpha = 1' \frac{\lambda}{2} \Sigma^{-1} I = \frac{\lambda}{2} \alpha (\Sigma^{-1}) = 1$

因为正定矩阵的值总为正数, 有 $\alpha(\Sigma^{-1}) > 0$ 所以

$$\lambda = \frac{2}{\alpha(\Sigma^{-1})} \quad (8)$$

二、实例验证

以某高速公路桥梁日常养护中的“伸缩缝定期清理”为例, 验证上述模型的合理性。其工作内容为: 人工清理剔除缝内杂物、用水泵加压水管冲洗伸缩缝、清理场地。现场测定消耗的人工工日, 经过有效性分析、筛选, 剔除明显不合理的数据, 以完成 10m 伸缩缝清理工作为工程量计量单位, 分 4 次观察, 得到 3 个分公司的养护工时消耗(表 1)。

表 1 时间消耗统计

观察号次	1	2	3	4
第一分公司	0 104 2	0 208 3	0 201 6	0 375 0
第二分公司	0 238 1	0 201 6	0 365 9	0 267 9
第三分公司	0 119 0	0 166 7	0 208 3	0 322 6

其具体计算方法、步骤为: (1) 对现场测定的相关数据, 剔除或修正那些偏高或偏低的可疑数据, 以保证不受偶然性因素的影响; (2) 根据样本值得出相应的协方差矩阵; (3) 根据协方差矩阵的特点, 选取合理的方法计算, 得到权数。当协方差矩阵为正定矩阵, 且其逆矩阵各行元素之和大于 0 时用式(7)求解; 当协方差矩阵不满足上述条件时, 就用式(6)进行求解。

将 3 个分公司的观察数据看成 3 个随机变量, 分别用 X_1, X_2, X_3 表示。为了计算方便, 将所有数据扩大 100 倍, 得到样本矩阵 X , 即

$$X = \begin{bmatrix} 10 & 42 & 23 & 81 & 11 & 90 \\ 20 & 83 & 20 & 16 & 16 & 67 \\ 20 & 16 & 36 & 59 & 20 & 83 \\ 37 & 50 & 26 & 79 & 32 & 26 \end{bmatrix},$$

运用 Excel 计算, 可以得出样本均值、样本方差及协方差, 见表 2。

表 2 样本均值、方差及协方差

项目	均值	方差	协方差
X_1	22 227 5	126 30	$\text{cov}(X_1, X_2) = 6.05$ $\text{cov}(X_1, X_3) = 71.45$ $\text{cov}(X_2, X_3) = 13.57$
X_2	26 837 5	49 62	
X_3	20 415 0	75 67	

根据表 2 可以得出样本矩阵 X 的协方差估计 Σ , 即

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 126 & 30 & 6 & 05 & 71 & 45 \\ 6 & 05 & 49 & 62 & 13 & 57 \\ 71 & 45 & 13 & 57 & 75 & 67 \end{bmatrix},$$

因为 Σ 的顺序主子式为 $\Sigma_{11} = 126.30 > 0$, $\Sigma_{22} =$

$\begin{vmatrix} 126 & 30 & 6 & 05 \\ 6 & 05 & 49 & 62 \end{vmatrix} > 0$ $|\sum| = 233\ 457\ 94$ 所以协方差矩阵 \sum 是正定的。运用 MATLAB7.01 计算得到协方差矩阵的逆矩阵,即

$$\sum^{-1} = \begin{bmatrix} 0.0173 & 0.0025 & -0.0168 \\ 0.0025 & 0.0215 & -0.0062 \\ -0.0168 & -0.0062 & 0.0302 \end{bmatrix},$$

同时矩阵 \sum^{-1} 的各行元素之和均大于 0 且 $\alpha(\sum^{-1}) = 0.0280$ 由式 (8) 可得

$$\lambda = \frac{2}{\alpha(\sum^{-1})} = \frac{2}{0.0280} = 71.4286$$

由式 (7) 可得此时的权重系数 α 为

$$\alpha = \frac{\lambda}{2} \sum^{-1} I = [0.11 \quad 0.64 \quad 0.25]$$

将表 2 中的平均值乘以各自的权重再求和,得出伸缩缝定期清理的人工消耗时间为 0.272 2 工日。按照平均先进法确定的伸缩缝清理的平均先进定额:平均实耗工日为 0.231 6 先进平均工日为 0.172 8 平均先进定额为 0.202 2 (工日)。通过比较可以知道,应用加权平均量自收敛性得出的结果能够较为客观地反映出当地的实际养护水平。

三、结 语

运用加权平均量的自收敛性原理确定的权重系

数,充分考虑到样本信息,可使观察数据的处理结果更具合理性;克服了传统确定权重系数方法的主观性强,评价过程的透明性、再现性差,对样本信息的反映不足的缺点,能够比较客观地反映出当地的养护管理水平。

参考文献:

- [1] 交通部公路工程定额站. 公路工程定额的编制与管理 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [2] 王朝辉, 王选仓, 高建立, 等. 高等级公路复合式路面养护标准 [J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2007, 27(6): 19-23.
- [3] 张丰焰, 史 强, 王元庆. 公路养护工程分类方法 [J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2008, 28(4): 39-42.
- [4] 于 英, 王麒麟, 田晋跃. 高速公路养护成本预测模型 [J]. 交通运输工程学报, 2007, 7(3): 76-79, 85.
- [5] 邹 群, 虞安军, 邹国平. 高速公路路面养护决策混合遗传优化方法 [J]. 交通运输工程学报, 2007, 7(4): 63-66.
- [6] 葛 悦, 易万中, 蔚 隼. 关于完善公路养护投资管理的探讨 [J]. 重庆交通大学学报: 自然科学版, 2007, 26(4): 142-145.
- [7] 王学仁, 王松桂. 实用多元统计分析 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990.
- [8] 董玉成, 陈义华. 综合判断矩阵的几个性质 [J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(2): 62-66.

Processing method for highway maintenance quota data

QI Yun-sheng¹, YAO Yu-ling¹, CONG Zhuo-hong², YANG Hong³

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Key Laboratory for Highway Construction Technology and Equipment of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 3. Chongqing Expressway Group Co Ltd, Chongqing 401121, China)

Abstract In order to determine engineering quota for the highway maintenance scientifically and reasonably, the authors collect and analyze the basic data of labor, materials, machines in daily maintenance engineering by combining historical statistic analysis with working site process-orientation realism through the application of the auto-convergence of weighted average, and then get a covariance model to decide the weight coefficient. Some analysis is conducted according to the field testing relevant data. The results of the average advanced method are compared, which show that it is scientific and reasonable to decide the level through this model.

Key words road engineering; highway maintenance quota; average advanced method