

赵钢, 吴振刚. 突发性地震发生后道路恢复重建成本预测算法研究[J]. 灾害学, 2020, 35(3): 38–41. [ZHAO Gang and WU Zhengang. Research on Cost Prediction Algorithm of Road Restoration and Reconstruction and Sudden Earthquake [J]. Journal of Catastrophology, 2020, 35(3): 38–41. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2020.03.008.]

突发性地震发生后道路恢复重建成本预测算法研究^{*}

赵 钢¹, 吴振刚²

(1. 西安航空职业技术学院, 陕西 西安 710089; 2. 西北大学, 陕西 西安 710127)

摘 要: 由于目前突发性地震发生后道路恢复重建预测算法的预测响应性较差, 导致其预测结果与目标存在差距较大, 因此该文提出突发性地震后道路恢复重建成本预测算法。通过构建突发性地震后道路恢复重建成本预测体系, 分析重建成本影响因素, 制定恢复重建成本指标, 得到道路重建评价因子, 评价突发性地震后道路损坏程度, 从而得到投入绩效成本预测。

关键词: 地震; 道路; 重建; 成本预测

中图分类号: U415; P315; X43; X915.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2020)03-0038-04

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2020.03.008

自然灾害的频发对基础设施造成严重影响, 其中以突发性地震对道路影响最为严重, 急需对灾后损坏路面重新修整^[1]。突发性地震后道路恢复重建是一项长期而艰巨的工作, 需要理性分析路面灾后重建过程中出现的问题, 实现有针对性的开展重建工作^[2]。在突发性地震灾害后的复杂情况下, 道路恢复重建受到多种复杂因素影响, 使工程量清单计价方法无法直接成为项目成本管理、施工成本控制依据^[3]。因此, 想要合理有效的控制工程建设成本, 需要对灾后路面恢复重建影响因素全面分析, 并且适当提出重建合理预算方法。

成本预算能够利用科学合理的方法对工程各阶段成本预算。成本预算主要包括直接费用预算在内的现场管理费用等内容, 主要包括施工整体工程建设所花费的全部费用^[4]。成本预测是能够消化市场压价让利因素, 有效控制整体项目成本。因此提出突发性地震后道路恢复重建成本预测算法。

1 突发性地震后道路恢复重建成本预测算法

1.1 道路恢复重建成本预测评定指标

构建成本预测体系主要在提前预知建造成本发生的情况下, 对成本计划进行指导提供成本控

制理论依据^[6]。成本预测体系框架示意图如图1所示。

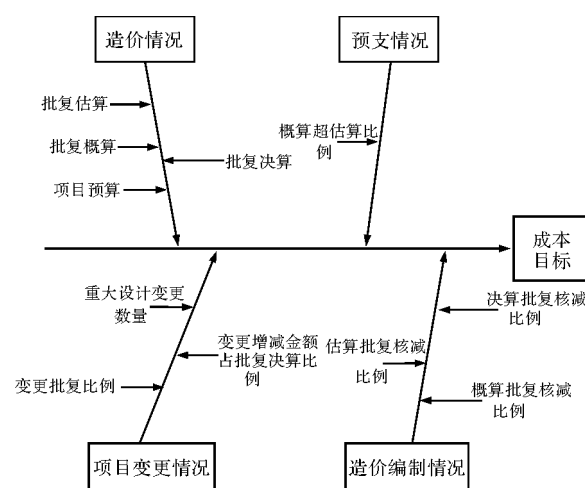


图1 成本预测体系结构

整体预测体系由成本影响因素指标、预测方法两部分组成。成本影响因素体现重建过程中不同成本的重要程度, 而预测方法反应重建过程中成本水平, 以成本预测体系为基础, 实现突发性地震道路恢复重建成本预测评定指标评价。

预测指标评定各环节具有递增关系, 且存在灵活性、抗干扰性、有序性等特点, 能够侧面反映工程各部分事物属性。预测成本主要分为预选阶段与筛选阶段, 根据有关预利率标准以及重建

^{*} 收稿日期: 2019-12-23 修回日期: 2020-03-25

基金项目: 陕西省科技厅自然科学基金基础研究计划(青年人才计划)项目(2016JQ1041); 陕西省科技厅自然科学基金基础研究计划(青年项目)(2018JQ1093)

第一作者简介: 赵钢(1977-), 男, 汉族, 陕西西安人, 副教授, 研究方向为计算机软件教学及研究. E-mail: liubaoliabc@163.com

各项目恢复重建比例不同, 成本指标如表 1 所示。

表 1 恢复重建成本预测评定指标

设计		土建		运输	
X_1	设计深化程度	X_4	重建长度	X_8	运输机械 辆数
X_2	结构类型	X_5	预制率		
X_3	预制构件类型	X_6	重建面积		
		X_7	运距		
吊装		修复		施工环境	
X_9	吊装难易 程度	X_{10}	内部整修	X_{12}	管理水平
		X_{11}	路面工程	X_{13}	技术水平

在上述评定指标中, 分为定性指标与定量指标, 对定性指标量化后, 再对整体指标体系进行筛选^[6]。根据重建影响因素指标间的一定相关性, 分析各因素间自动度值、双侧显著性以及相关性。不同估算指标对比下, 依据重建费用的差别, 对整个项目成本支出水平做出客观判断, 作为项目损坏类型与权重预测凭证^[7]。

1.2 道路损坏类型与权重预测

突发性地震发生后道路会受到不同程度损坏, 其恢复重建前首先需要对道路损坏程度进行评价, 分为路基沉降量与路面损坏程度两方面^[8]。

根据道路路基突发性地震后产生压缩土层, 按照土的应力状态与特性, 将其土层厚度分为 $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ 。根据单向压缩量公式, 计算每个土层压缩量为 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_n$, 计算其累计值, 得到路基最终沉降量 s :

$$S = \sum_{i=1}^n S_i. \quad (1)$$

以土层变化处计算点计算道路路基自重应力, 计算路堤地面接触压力 ρ :

$$\rho = \frac{h\gamma + h_j\gamma}{\gamma(h/B_b)x_{4-7}}. \quad (2)$$

式中: γ 为路堤填土容重, 其值一般取 $19.4 \sim 19.6 \text{ kN/m}^3$; B_b 为路堤边坡宽度, 通常情况下按照 1:

1.5 放坡, 且 $B_b = 1.5 \times h$; h_j 为等量交通荷载填土高度, 通常取值为 0.8 m ; h 为路堤边坡高度; x_{4-7} 为土建项目成本预测评定指标, 计算坡脚到荷载计算点距离, 通常取值为 $0 \sim B_b$, 坡脚处取值为 0 ^[9]。

为保证计算准确度, 按照实际修复情况选取每层厚度为 $h_i = 2 \sim 4 \text{ m}$ ^[10]。确定路基受压层深度 z_i , 找到路基受压层深度满足改深度位置附加应力 σ 与自重应力 σ_z 比值为 $\sigma = 0.1\sigma_z$ 。从而计算出第 i 层土的压缩量 s_i :

$$s_i = \frac{\bar{\sigma}_i}{E_{si}} h_i. \quad (3)$$

式中: $\bar{\sigma}_i$ 为第 i 层土平均附加应力; E_{si} 为第 i 层土侧限压缩模量; h_i 为第 i 层土厚度。根据计算结果得到路基最终沉降量。

除对路基最终沉降量进行评价外, 需要对路面损坏程度进行评价, 其评价内容包括横列、纵列、深陷、坑槽、龟裂、块裂等, 计算路面破损状况^[11]。

将路面破损分为变形类、松散类、裂缝类以及其他类等, 按照《公路沥青路面养护技术规范》标准^[12], 得到路面损坏状况指数为:

$$PCI = 100 - a_0 - DR^{a_j};$$

$$DR = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{i_0} \omega_i A_i}{A} \quad (4)$$

式中: a_0 为不同道路取值, 沥青路面取值 15.00 , 水泥混凝土路面取值 20 ; DR 为折合损坏面积之和与道路调查面积百分比的路面破损率; 在计算过程中沥青路面取值 0.412 , 水泥混凝土路面取值 0.461 ; i_0 为包含损坏程度的损坏类新型总数, 沥青路面取值 21 , 水泥混凝土路面取值 20 ; ω_i 为第 i 类路面损坏权重; A_i 为第 i 类路面损坏面积; A 为调查路面面积^[13]。

根据路面损坏状况, 将其分为五个等级, 其评价等级标准如表 2 所示。

表 2 路面损坏状况等级评价标准

评价等级	损坏状况指数 PCI	DR
差	$PCI < 60$	$DR > 11.0$
次	$60 \leq PCI < 70$	$5.5 < DR \leq 11.0$
中	$70 \leq PCI < 80$	$2.2 < DR \leq 5.5$
良	$80 \leq PCI < 90$	$0.4 < DR \leq 2.0$
优	$90 \leq PCI$	$DR \leq 0.4$

根据路面损坏状况等级评价标准制定道路损坏类型与权重, 判断突发地震后道路损坏情况, 如表 3 所示。

表 3 道路损坏类型与权重

类型	损坏名称	权重	损坏程度	计量单位
1	沉陷	1.0	重	面积 m^2
2		0.6	轻	
3	松散	1.0	重	面积 m^2
4		0.6	轻	
5	坑槽	1.0	重	面积 m^2
6		0.8	轻	
7	横向裂缝	1.0	重	面积 m^2
8		0.6	轻	
9	纵向裂缝	1.0	重	长度 m (影响宽度: 0.2 m)
10		0.6	轻	
11	块状裂缝	0.8	重	长度 m (影响宽度: 0.2 m)
12		0.6	轻	
13	龟裂	1.0	重	面积 m^2
14		0.8	中	
15		0.6	轻	

1.3 道路重建指标权重成本预测

根据道路损坏类型与权重, 计算单位面积造

价, 单位公路修筑面积投入管理造价 A_M 为:

$$A_M = \left[\left(\sum_{i=1}^a W_i L_i \right) \right]^X. \quad (5)$$

式中: a 为路基宽度类型总数; M 为项目配备管理造价; W_i 为第 i 种路基宽度; L_i 为第 i 中路基宽度对应主线长度; X 为各项目指标成本所占整体成本比例。

根据单位公路修筑面积投入管理造价, 得到道路单位修复面积投入造价管理费用为:

$$X_{12-13} = E_T \left(\sum_{i=1}^a W_i L_i \right)^{-1}. \quad (6)$$

式中: X_{12-13} 为单位面积造价管理费用; E_T 为重建投入造价管理费用^[14]。

在得到道路单位修复面积投入造价管理费后, 考虑结构物对道路重建影响较大, 且重建过程中各项结构物所占比例不同, 引入单位面积造价管理费用扣除结构物后批复, 得到不同项目造价指标可比性:

$$A_s = (S_i - S_w) \left(\sum_{i=1}^{a'} W_i L_i' \right)^{-1}. \quad (7)$$

式中: A_s 为单位重建面积扣除结构物后批复决算; S_i 为重建部分批复决算; S_w 为道路交叉恢复批复决算; a' 为扣除结构物后路基宽度类型总数; L_i' 为第 i 种路基宽度对应路基长度^[15]。

考虑到重建过程中地区价格差异, 使不同重建造价指标具有价格可比性^[16]。

例如在对某一条道路 n 个项目重建时, 每个项目有 m 中机械、材料以及人工消耗, 记为 $X_{4-11} = (p_{1j}, p_{2j}, \dots, p_{mj})^T$, $j = 1, 2, \dots, n$, 得到第 j 个项目消耗机械、材料以及人工名义单价, 即实际价格:

$$X_{4-11} = \left(\sum_{i=1}^T p_{ij}^{(i)} q_{ij}^{(i)} \right) \left(\sum_{i=1}^T q_{ij}^{(i)} \right)^{-1}. \quad (8)$$

式中: $q_{ij}^{(i)}$ 为机械、材料、人工类型序号。

计算得到第 j 个项目, 基于第 e 个项目价格水平直接费用可比造价, 乘以规定费率得到间接费用、税金与利润, 累加后得到第 j 个项目可比重建费。

在单位项目成本预测过程中, 对实际指出超出项目投资限额程度, 反应项目成本受控情况:

$$X_{10-11} = (S - E) P_{sj}^{-1} \times 100\%. \quad (9)$$

式中: P_{sj}^{-1} 为预算超概算比例; S 为批复决算; E 为批复概算。

根据中国交通部门在建设单位上报竣工决算的规定, 计算决算批复核减比例, 其表达式为:

$$X_{1-13} = (S_r - X_{10-11}) S_r^{-1} \times 100\%. \quad (10)$$

式中: S_r^{-1} 为批复决算核减比例; S_r 为上报决算。

从而得到包含批复决算核减比例成本在内的道路重建指标权重成本预测。

2 模型仿真检验

2.1 实验准备

为验证突发性地震后道路恢复重建成本预测算法的有效性, 将其与目前常用 DP 树形基础成本预测算法相对比。在仿真实验平台下构建道路恢复重建工程造价成本实验平台。

实验过程中, 利用两种算法对同一突发性地震后损坏道路进行恢复重建成本预测, 实验过程中两组算法实验参数相同。实验通过对比两组算法的造价成本预测相应性与均方根误差, 比较两种算法造价成本预测效果。

2.2 实验结果分析

实验分别对比突发性地震后道路恢复重建成本预测算法与 DP 树形基础道路恢复重建成本预测算法所预测成本响应性对比, 其结果如图 2、图 3 所示。分析图 2 和图 3 可以看出, 从算法响应性上可以看出, 两种算法在实验数据相同情况下, 对成本预测响应性存在一定差距, 随着实验数据的逐渐增加, DF 预测算法相应性较差, 且随着实验数据增加, 与给定预测阈值存在差异较大, 其响应性存在波动性较大, 证明其预测效果较差。

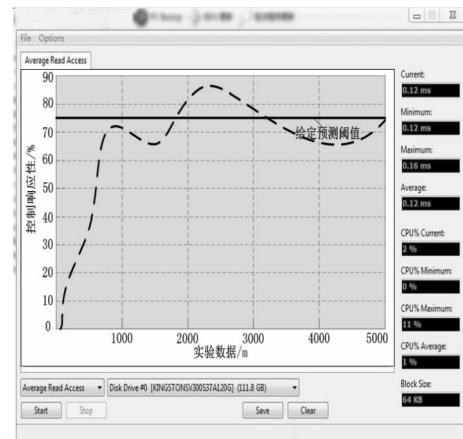


图 2 DP 树形基础预测成本算法

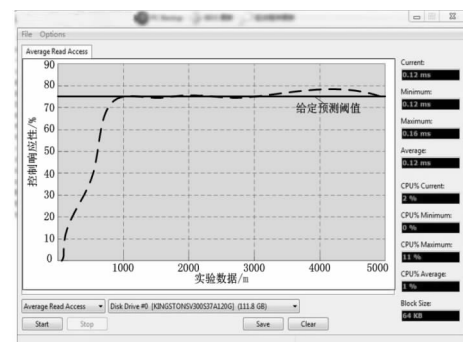


图 3 本文成本预测算法

而本文设计预测算法随着实验数据增加, 其响应性与给定预测阈值差距较小, 在数据增加条件下大部分预测曲线保持在较为稳定数值, 且与给定预测几乎重合, 证明本文设计预测算法具有较强的道路成本预测响应性, 能够更加合理控制道路恢复重建成本。

3 结束语

突发性地震后道路恢复重建成本预测算法作为一种规划工具, 能够有效对目标重建成本进行管理。以成本预算作为指导, 在实现目标利润前提下, 确定整体重建工程目标成本。通过对重建工程各项目优化, 最终保证成本目标达成。能够在减少施工项目风险的同时, 降低施工成本, 提高整体突发性地震后道路重建工作经济效益, 更好完成道路重建工作社会效益目标。

参考文献:

- [1] 马文姝. 重大自然灾害中基于 BIM 模型的道路重建造价成本控制算法[J]. 灾害学, 2019, 34(2): 67-71.
- [2] 张新海. 道路交通事故重建技术综述[J]. 中国人民公安大学学报(自然科学版), 2018, 24(3): 86-90.
- [3] 吴作红. 道路重建翻新工程中的路面再生技术研究[J]. 建筑知识, 2017, 37(3): 109.
- [4] 周荣辅, 王涛, 王英. 地震应急救援队伍派遣及道路重建联合规划模型[J]. 西南交通大学学报, 2017, 52(2): 303-308.
- [5] 孟燕萍, 申慢慢. 考虑灾后道路恢复情况下动态应急物资选址问题[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2019, 38(1): 89-96.
- [6] 徐静涛. 市政道路工程项目成本控制及管理——评《工程项目成本控制》[J]. 岩土工程学报, 2019, 41(11): 2173.
- [7] 才海峰. 道路施工成本控制与管理研究[J]. 工程技术研究, 2019, 4(15): 128-129.
- [8] 史涵, 葛莹, 鲍倩, 刘磊. 基于 GIS 成本路径的智能道路规划[J]. 甘肃科学学报, 2019, 31(4): 30-34.
- [9] 朱海燕. 浅谈市政道路工程财务管理与成本控制[J]. 纳税, 2019, 13(18): 124.
- [10] 宁津生, 吴学群, 刘子尧. 顾及道路通达性和时间成本的多用户位置推荐[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2019, 44(5): 633-639.
- [11] 杨慧军. 道路和桥梁工程施工管理与成本控制重点分析[J]. 智能城市, 2019, 5(7): 173-174.
- [12] JTJ DNF0-2017 青路面养护技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [13] 郭伟. 道路和桥梁工程施工管理及成本控制分析[J]. 山西建筑, 2018, 44(35): 254-256.
- [14] 窦琳琳. 基于 SDA 模型的道路运输企业成本效益分析[J]. 交通节能与环保, 2018, 14(4): 29-32.
- [15] 谢增辉, 费维水. 道路工程造价影响因素的初步探究[J]. 价值工程, 2018, 37(9): 34-35.
- [16] 李欣怡. 市政道路工程试验检测的成本控制[J]. 价值工程, 2017, 36(9): 26-28.

Research on Cost Prediction Algorithm of Road Restoration and Reconstruction and Sudden Earthquake

ZHAO Gang¹ and WU Zhengang²

(1. Xi'an Aeronautical Polytechnic Institute, Xi'an 710089, China;

2. Northwest University, Xi'an 710127, China)

Abstract: Due to the poor prediction response of the road reconstruction prediction algorithm after the occurrence of the sudden earthquake, there is a big gap between the prediction result and the target. Therefore, the road reconstruction cost prediction algorithm after the sudden earthquake is proposed. Through the construction of road reconstruction cost prediction system after the sudden earthquake, the influencing factors of reconstruction cost are analyzed, the recovery and reconstruction cost index is established, the evaluation factors of road reconstruction are obtained, the degree of road damage after the sudden earthquake is evaluated, and the prediction of input performance cost is obtained. The simulation results show that comparing the design algorithm with the current DP tree based cost prediction algorithm, the design algorithm has a high response performance in cost prediction, which proves the effectiveness of the design algorithm.

Key words: earthquake; road; reconstruction; cost prediction