

李侠,王心雨.震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控系统[J].地震工程学报,2019,41(6):1679-1684.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2019.06.1679
LI Xia, WANG Xinyu. A Dynamic Pre-control System for the Projected Cost of Post-earthquake Building Groups in Restoration and Construction Stages[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2019, 41(6): 1679-1684. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2019.06.1679

震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控系统

李 侠¹, 王心雨²

(1. 西安财经大学管理学院, 陕西 西安 710100; 2. 西交利物浦大学, 江苏 苏州 215123)

摘要:震后建筑群修复施工阶段工程造价动态控制比其他阶段更具有变动性,需要高精度和高灵活性的预控系统的运用才能保证工程造价不出现偏差。在此文中,设计震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控系统。相关人员可在用户登录模块进入系统界面,在系统的工程信息管理模块中,采用改进遗传算法构建震后建筑群修复工程造价模型,完成震后建筑群修复工程造价动态预控系统的设计。实验结果验证,本文所设计的基于改进遗传算法的造价动态预控系统能够有效实现震后建筑群修复施工阶段的工程造价动态预控,伴随造价样本数目的增多,误差率会逐渐降低,预控性能较好;且预控灵活性始终大于 95%,使用局限性仅有 0.04,实用性较高,能够为震后建筑修复施工部门的工程造价控制给予借鉴。

关键词:震后; 建筑群; 修复; 施工阶段; 工程造价; 动态预控系统

中图分类号: TU375.4

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2019)06-1679-06

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2019.06.1679

A Dynamic Pre-control System for the Projected Cost of Post-earthquake Building Groups in Restoration and Construction Stages

LI Xia¹, WANG Xinyu²

(1. School of Management, Xi'an University of Finance and Economics, Xi'an 710100, Shaanxi, China;

2. Xi'an Jiaotong-Liverpool University, Suzhou 215123, Jiangsu, China)

Abstract: Dynamic control of the projected cost of building groups in post-earthquake restoration and construction stages is more changeable than during other stages. Pre-control systems with high precision and flexibility are needed to ensure that there is no deviation in projected cost. In this paper, a dynamic pre-control system of projected cost in the restoration and construction stages of a post-earthquake building group was designed. Relevant personnel entered the system interface through the user login module. In the project information management module of the system, an improved genetic algorithm was used to develop the projected repair cost model of the building group as part of the overall system design. Experimental results showed that the dynamic cost pre-control system, based on an improved genetic algorithm, effectively realized dynamic

收稿日期: 2019-01-11

基金项目: 教育部基金项目(310826161002)

第一作者简介: 李 侠(1971-), 女, 陕西三原人, 工学硕士, 工程师、讲师, 研究方向: 建筑工程 BIM 技术、工程造价管理。

E-mail: lixia9671@163.com。

cost pre-control in the restoration and construction stage of the post-earthquake buildings. With increasing number of cost samples, the error rate gradually decreased; moreover, the flexibility of pre-control was always $>95\%$, and the use practicability was only 0.04. This system can provide a reference for cost control of post-earthquake construction.

Keywords: post-earthquake; building group; restoration; construction stage; projected cost; dynamic pre-control system

0 引言

随着经济的迅速发展,建筑行业技术水平与经济水平的巨大提升,对建筑工程造价控制与工程项目管理也带来了新挑战。震后建筑群修复不仅需要实现灾区人们的安居乐业,也要以小成本大作用为目标,因此,震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控问题成为相关领域人员关注的重点。在震后建筑群修复施工时,大量因素对建筑工程的造价存在较大干扰,比如震后建筑修复工程设计出现变动、合同变更等。伴随建筑市场里竞争环境的愈演愈烈,建筑单位也十分关注建筑工程施工阶段的造价预控问题,以此减少震后建筑群修复施工的成本。目前也有很多学者对工程造价问题进行了相关研究,文献[1]基于萤火虫算法提出优化 SVM 的造价预控方法,虽然计算过程中收敛速度快,但是造价动态预控的精度较低,不能实现高精度计算;文献[2]基于统计学的背景下,设计一种工程造价信息统计计算模型,该方法运算过程过于复杂,存在计算效率低下的弊端;文献[3]详细分析了水电工程造价控制问题,提出了相应的处理对策,但是缺少系统的预算方法,预控性能较低。为此,本文设计震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控系统,用于震后建筑群

修复施工阶段工程造价动态预控实验中可知,该系统的预控精度显著优于同类系统,应用性极好。

1 工程造价动态预控系统的设计

1.1 系统硬件设计

因为震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控系统中每个子系统需要分工明确,工程数据存在共享性,所以系统需要应用图 1 所示结构。WEB 服务器与 ASA 数控的信息存在共享关系。客户端工程造价管理的每个子系统按照需求,发出每类数据访问请求,在服务器端掌控工程造价的全部信息,并使用数据库服务器回复客户端系统输入的请求。该系统不单可以有利于客户端每个子系统相互协作,还可以维护造价数据不出现异常,完成造价数据共享^[4]。在震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控系统中,核心模块设计了用户管理模块与工程信息模块,相关人员登录用户管理模块进入系统界面后,在工程信息模块针对工程信息进行相关工程造价预算,按照预算结果和实际情况实现预控。

震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控系统的设计方案如图 1 所示。

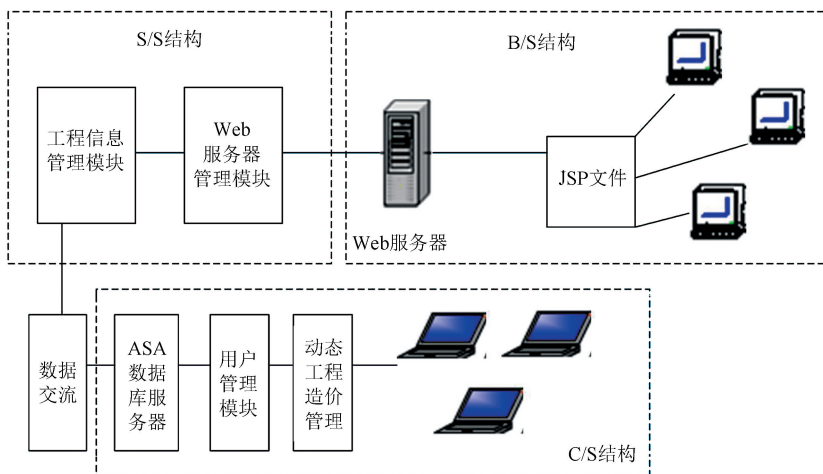


图 1 震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控系统的设计图

Fig.1 Design drawing of the dynamic pre-control system for the projected cost of post-earthquake building groups in restoration and construction stage

(1) 用户管理模块

相关工作人员能够在用户管理模块进入系统的主界面,并在界面中选取自己所需程序。用户管理模块中包含了输入用户信息、用户信息更改、删除用户信息、搜索用户信息以及查询用户情况五种功能。其中输入用户信息主要用于设计部门、施工部门、建立部门信息的输入,信息输入后需要点击储存;用户信息更改是按照工程构件和造价控制的需求而完成;删除用户信息是在施工阶段某个任务停止后进行删除;搜索用户信息能够按照工程的需求在系统中进行检索;查询用户情况可根据需求把用户的信息自主构建为表格的形式,有利于信息查询^[5]。用户管理模块的功能示意简图如图 2 所示。

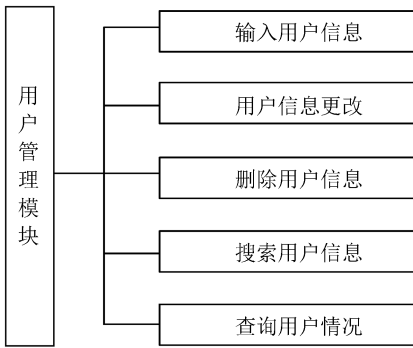


图 2 用户管理模块的功能示意简图

Fig.2 Function schematic diagram of user management module

(2) 工程信息管理模块

工程信息管理模块中,设计了新建工程单元、开启工程单元、清理工程信息单元、查询工程信息单元等。工程信息管理模块的功能结构如图 3 所示。

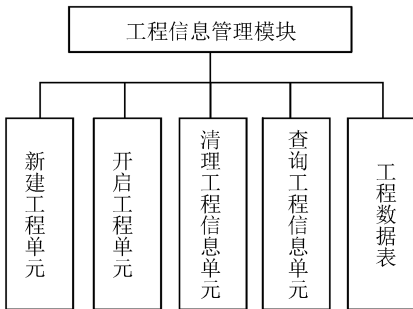


图 3 工程信息管理模块的功能结构图

Fig.3 Functional structure diagram of engineering information management module

工程信息管理模块中,用户可在新建工程单元里输入新建工程的名称、编码以及项目情况,并进行保存。工程项目情况主要包含了工程总说明、项目

属性以及预算信息。开启工程单元中可为用户提供已保存的工程数据。查询工程信息单元能够按照用户输入的查询条件,给出相应的全部工程数据。工程数据表可把工程相关数据建立为表格形式,按照一定的顺序与小组进行显示,相关工作人员通过用户管理模块进入系统后,在工程信息管理模块查询自己所需工程信息,采用基于改进遗传算法的震后建筑群修复工程造价模型对工程造价动态数据进行预算后,按照预算结果实现工程造价动态预控^[6]。

1.2 基于改进遗传算法的震后建筑群修复工程造价模型

震后建筑群修复施工阶段是工程造价动态预控的核心,需把计划投资费用设成控制目标,实时处理实际花销和目标花销间的偏差,对设计变动和工程变动实时跟踪,保证整个施工流程的精细化,完成工程造价动态预控^[7]。

(1) 震后建筑群修复施工阶段工程造价函数设计

震后建筑群修复施工阶段工程造价函数设计的详细内容为:在震后建筑群修复施工阶段工程造价信息里使用一组 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ 数据,将 c, d, e 依次设成震后建筑群修复施工阶段工程造价数据的参数,根据震后建筑群修复施工阶段工程造价函数公式 $x = c + dy_i^e$ 得到计算结果。若造价预算的数据 α 和震后建筑群修复施工阶段工程造价实际数据 α_1 间的差异较小,则 $c + dy_i^e$ 绝对值是 0,并且函数模型公式和震后建筑群修复施工阶段工程实际造价值间的差异很小,则震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控成功^[8]。

为了让震后建筑群修复施工阶段工程造价函数模型得到的预算值误差最小,使用函数定理“二进制 θ ”对造价数据实行运算:

$$\theta = \sqrt{\sum_{i=1}^n (c + dy_i^e - \alpha_1)^2 / n} \quad (1)$$

式中: n 表示量词。误差值设成 θ ,造价模型里模拟参数最精准的是通过反复计算后得到的最小 θ 值。

基于上述计算可知,按照改进遗传算法的管理函数方法使用的造价公式的二进制运算,参数的有效性经过反复计算数据得以保障,增大了造价函数模型的计算准确性^[9]。经过改进遗传算法 W 系数设定,能够深度研究造价函数模型数据,增大它的精度,并且得到的相关参数:

$$W = \sqrt{1 - \frac{\sum [\alpha_i - (c + dy_i^e)]^2}{\sum (\alpha_i - \frac{1}{n} \alpha_1)}} \quad (2)$$

式中： W 能描述模型造价公式计算结果和造价实际数据的差异， W 值较大，则模拟造价函数模型和造价数据契合度较小^[10-12]；反之， W 值较小，契合度较大，造价预算精度较大。

通过上述计算可知，按照改进遗传算法的二进制运算规则，设定工程造价函数模型 c 、 d 参数，基于公式计算获取准确的 c 、 d 值，得到最准确的造价数据。改进遗传算法的造价模型如图 4 所示。

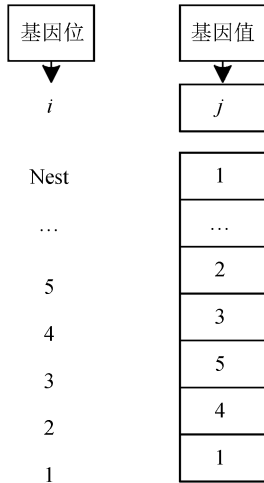


图 4 改进遗传算法的造价模型

Fig.4 Cost model of improved genetic algorithm

(2) 设定最优数据参数

基于上小节构建的造价模型里， c 、 d 、 e 描述造价数据参数，但是在造价模型得到认可之前，造价数据参数值约束具有未知性，因此按照改进遗传算法的二进制运算规则，在设定 θ 参数获得认可的基础上，参考遗传算法二进制规则使用模拟公式对 θ 实行计算，获取 c 、 d 的参数值。若 c 和 d 的参数值得以认可，模拟公式残差平方与 R 值：

$$R = \sum_{i=1}^n [\theta - (c + dy_i^c)]^2 \quad (3)$$

式中： R 值即为震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预算值，对 c 和 d 参数值进行求导：

$$\begin{cases} \frac{\beta R}{\beta c} = -2 \sum (\theta - c - d_i^c) \\ \frac{\beta W}{\beta d} = -2 \sum (\theta - c - d_i^c) \times \theta^c \end{cases} \quad (4)$$

若 $\frac{\beta R}{\beta c} = 0, \frac{\beta R}{\beta d} = 0$ ，则：

$$c = \frac{\sum \theta - d \sum y_i^c}{n} \quad (5)$$

$$d = \frac{n \sum \theta^c y_i^c - \sum \theta_i \sum y_i^c}{n \sum \theta^{2c} - (\sum \theta^c)^2} \quad (6)$$

式中： β 表示求导因子。

基于上述计算， e 属于造价假设数值，通过 c 值演算，获取的 c 、 d 参数值不具有代表性，但最后获取的也不属于最小误差，因此，在造价数据里选取多个数据，多次设定 c 参数值，经过演算得到相应的 c 、 d 参数值，得到最准确的造价预算数据，保证工程造价预算数据精度最高^[13-15]。按照获取的震后建筑群修复施工阶段工程造价预算数据，便能够实时调整施工阶段的造价问题，例如若造价预算合理，便无须采取措施，若造价预算超标，可对施工材料或者其他耗费成本之处进行控制。

2 实例分析

2.1 有效性分析

为分析本文系统是否有效完成震后建筑群修复施工阶段的工程造价动态预控，实验围绕我国某市震后大厦建筑群修复工程进行分析。该大厦建筑群属于集合办公、接待、商业于一体的商业大厦，建筑面积 42 000 m³，地下共计 3 层，地上 27 层，裙层 8 层，高度为 110 m。为了深入分析本文系统的有效性，在施工前设定了 100 组造价预算样本，在施工阶段中，使用本文系统对 50 组建筑群修复工程造价样本与 100 组样本实行预控，把获取的预算值和实际造价情况进行对比，提取误差值，对比结果见表 1 所列。

表 1 本文系统预控时工程造价计算误差(单位:万元)

Table 1 Calculation error of engineering cost using the proposed pre-control system (Unit: ten thousand yuan)

实际造价	50 组			100 组		
	本文系统 预算结果	误差	误差率 /%	本文系统 预算结果	误差	误差率 /%
1 621.10	1 557.60	-63.50	-3.92	1 637.30	16.20	0.99
2 735.33	2 845.60	110.27	4.03	2 704.30	-31.03	-1.45
1 725.22	1 788.01	62.79	3.64	1 776.10	50.88	2.86
2 635.20	2 526.52	-108.68	2.38	2 626.46	-8.74	-0.33
1 927.16	1 829.72	-97.44	-5.06	1 916.02	-11.14	-0.58
1 712.30	1 801.70	89.40	5.22	1 735.61	23.31	1.34

由表 1 中数据可知,使用本文系统对 50 组建筑群修复工程造价动态预控样本进行造价计算后,误差率未大于 6%;在 100 组工程造价动态预控样本计算中,误差率未大于 3%,表明本文系统能够有效实现震后建筑群修复施工阶段的工程造价动态预算,并且伴随样本的数目的增多,误差值会逐渐降低,预控性能较好。

表 2 三种系统计算的震后建筑群修复施工阶段造价和实际造价之比

Table 2 Comparison between actual cost and projected cost of post-earthquake building groups in restoration and construction stage calculated by the three systems

震区建筑群编码	实际值 /万元	本文系统 /万元	差值 /万元	基于 BP 神经网络的工程造价控制系统/万元	差值 /万元	基于 ARIMA-ES 混合模型的工程造价控制系统/万元	差值 /万元
1	135 045	135 011	-34	134 213	-832	136 021	976
2	6 781 187	6 781 184	-3	6 780 009	-1 178	6 782 097	910
3	257 504	257 409	-95	257 220	-284	269 542	12 038
4	54 921	54 899	-22	54 789	-132	54 862	-59
5	356 785	356 779	-6	356 509	-276	356 679	-106
6	38 642	38 639	-3	38 599	-43	38 441	-201
7	209 865	209 861	-4	208 990	-875	209 531	-334
8	780 532	780 529	-3	780 210	-322	780 134	-398
9	672 076	672 066	-10	672 012	-64	671 021	-1 055
10	1 093 722	1 093 719	-3	1 093 701	-21	1 091 769	-1 953

由表 2 数据可知,三种系统对该震区 10 个建筑群修复施工阶段工程造价动态预算值和实际值均存在误差、本文系统的预算误差最大值是出现在第三个建筑群的造价预算时,比实际值低了 95 万元,但和另外两种系统的相比,本文系统的预算误差值最小,预算准确性最高。

以实用性为对比方向,分析三种系统在灵活性、使用局限性方面的性能并对比,对比结果如图 5、图 6 所示。

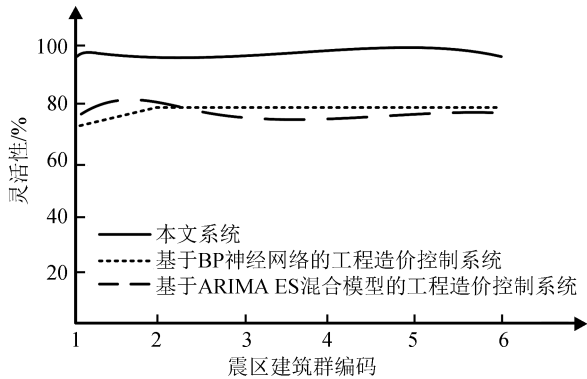


图 5 三种系统控制灵活性对比结果

Fig.5 Comparison results of control flexibility of three systems

由图 5 可知,本文系统的灵活性始终大于基于 BP 神经网络的工程造价控制系统、基于 ARIMA

2.2 性能分析

为了分析本文系统对震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控的性能,采用本文所设计系统、基于 BP 神经网络的工程造价控制系统、基于 ARIMA ES 混合模型的工程造价控制系统进行对比实验。将三种模型对相同灾区的 10 个建筑群修复施工阶段工程造价计算值和实际值进行比较,对比结果见表 2 所列。

ES 混合模型的工程造价控制系统。本文系统灵活性始终大于 95 %。

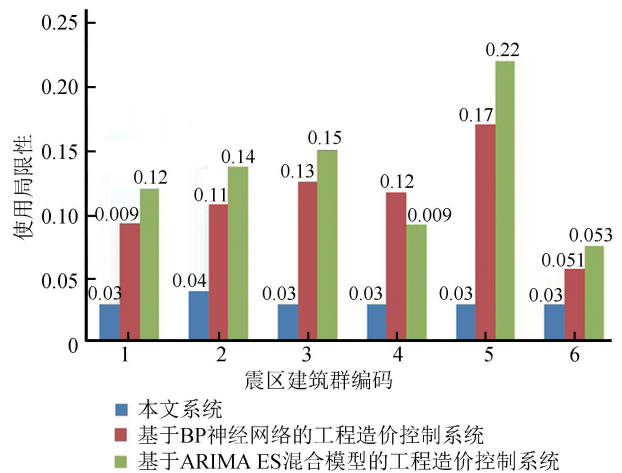


图 6 三种系统使用局限性对比结果

Fig.6 Comparison results of usage limitation of the three systems

由图 6 可知,三种系统的使用局限性存在一定差异性,本文所设计系统的使用局限性最大值仅有 0.04,基于 BP 神经网络的工程造价控制系统与基于 ARIMA ES 混合模型的工程造价控制系统使用局限性最大值依次是 0.17、0.22。由此可知,本文所设计系统的使用局限性最小。

通过分析上述实验结果可知,本文所设计的震

后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控系统,具有较高的灵活性与较低的使用局限性,因此具有较高的实际应用价值。

3 结论

为了解决震后建筑群修复施工阶段工程造价动态控制中存在较大变动性而导致的预控结果偏差较大的问题。提出并设计了震后建筑群修复施工阶段工程造价动态预控系统,采用改进遗传算法在动态情况下完成震后建筑群修复施工阶段工程造价预控,最后通过实验验证所设计系统的整体性能。与基于BP神经网络和基于ARIMA ES模型的预控系统相比,本文所设计系统的灵活性最高可达97%,使用局限性最低仅为0.03,充分证明该系统具有较高的实用性。

参考文献(References)

- [1] 吕高乐,易领兵,杜明芳,等.软土地区双侧深基坑施工对邻近地铁站及盾构隧道变形影响的分析[J].地质力学学报,2018,24(5):682-691.
LÜ Gaole, YI Lingbing, DU Mingfang, et al. Analysis of Influence of Deep Foundation Pit Construction on Deformation of Adjacent Subway Station and Shield Tunnel in Soft Soil Area [J]. Journal of Geomechanics, 2018, 24(5): 682-691.
- [2] 李泽阳,刘玲,胡奕仁.基于预测区间理论的工程造价信息数据统计测算模型[J].统计与决策,2018,34(6):29-32.
Li Zeyang, Liu Ling, Hu Yiren. Statistical Calculation Model of Engineering Cost Information Data Based on Prediction Interval Theory [J]. Statistics and Decision, 2018, 34(6): 29-32.
- [3] 朱明润,李珊珊,张哲.浅析新形势下水电工程造价控制与管理[J].人民长江,2016,47(13):76-78.
ZHU Mingrun, LI Shanshan, ZHANG Zhe. Analysis on Cost Control of Hydropower Project under New Situation and Management [J]. Yangtze River, 2016, 47(13): 76-78.
- [4] 李鹏.城市轨道交通工程造价控制措施探讨[J].铁道工程学报,2017,34(8):89-92.
LI Peng. Discussion on the Construction Cost Control Measures for Urban Rail Transit [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2017, 34(8): 89-92.
- [5] 胡晓娟.多元线性回归模型参数的STLS估计法及其在工程造价预测中的应用[J].四川建筑科学研究,2016,42(4):142-147.
HU Xiaojuan. Structured Total Least Squares Method for Multivariable Linear Regression Model and Its Application in Engineering Cost Prediction [J]. Sichuan Building Science, 2016, 42(4): 142-147.
- [6] 傅为华,马丽鹰.营改增下基于BIM技术的工程造价管理研究[J].建筑技术,2016,47(7):657-659.
FU Weihua, MA Liying. Research on Project Cost Management

- Based on Bim Technology under Replacing Business Tax with Value-added Tax [J]. Architecture Technology, 2016, 47(7): 657-659.
- [7] 陈永霞.建筑工程造价效益分配优化控制仿真[J].计算机仿真,2016,33(11):208-211.
CHEN Yongxia. Construction Project Cost Benefit Allocation Optimization Control Simulation [J]. Computer Simulation, 2016, 33(11): 208-211.
- [8] 陶自成,何彦舫,杨广杰.南水北调工程大型渠道机械化衬砌施工直接成本及其控制水平研究[J].水利水电技术,2016,47(9):139-142.
TAO Zicheng, HE Yanfang, YANG Guangjie. Study on Direct Costs and Control Level for Mechanized Lining of Large-scale Canal for South-to-North water Transfer Project [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2016, 47(9): 139-142.
- [9] 罗建裕,李海峰,江叶峰,等.基于稳控技术的源网荷友好互动精准负荷控制系统[J].电力工程技术,2017,36(1):25-29.
LUO Jianyu, LI Haifeng, JIANG Yefeng, et al. Source Network Load Friendly Interactive and Precise Load Control System based on Stability Control Technology [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2017, 36(1): 25-29.
- [10] 叶青,陈菲,刘婧.基于RN和GN的两种RBF神经网络的工程造价预测模型[J].数学的实践与认识,2016,46(7):25-30.
YE Qing, CHEN Fei, LIU Jing. Two Engineering Cost Prediction Models of RBF Neural Network Based on RN and GN [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2016, 46(7): 25-30.
- [11] DESAI V. Functional Suitability of BIM Tools in Pre-Construction, Construction and Post-Construction Phases of a Building Project [J]. International Journal of 3-D Information Modeling, 2017, 2(2): 30-44.
- [12] 李玉波.三维地震波法超前地质预报在引汉济渭工程TBM施工中的应用[J].水利水电技术,2017,48(8):134-139.
LI Yubo. Application of 3-D Seismic Wave Advanced Geological Forecast to TBM Construction of Hanjiang-to-Weihe River Valley Water Diversion Project [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2017, 48(8): 134-139.
- [13] POLESE M, LUDOVICO M D, PROTA A. Post-earthquake Reconstruction: A Study on the Factors Influencing Demolition Decisions After 2009 L'Aquila Earthquake [J]. Soil Dynamics & Earthquake Engineering, 2018, 105(105): 139-149.
- [14] 陈洁,刘刚刚,陈铭.南方电网配网工程造价水平分析方法[J].南方电网技术,2016,10(11):79-83.
CHEN Jie, LIU Ganggang, CHEN Ming. Analysis Method of Cost Level of Distribution Network Projects in China Southern Power Grid [J]. Southern Power System Technology, 2016, 10(11): 79-83.
- [15] SPARER E H, CATALANO P J, HERRICK R F, et al. Improving Safety Climate Through a Communication and Recognition Program For Construction: A Mixed-Methods Study [J]. Scand J Work Environ Health, 2016, 42(4): 329-337.