

文章编号: 1674—8247(2025)02—0094—05
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2025.02.015

基于 Elman 神经网络的轨道交通工程投标报价预测研究

周 琛

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:企业参与轨道交通项目的投标时需要承担一定的成本,因此如何制定合理的报价策略以提高中标率,成为投标企业关注的核心问题。本文基于 Elman 神经网络构建轨道交通投标报价预测模型,并通过实证检验其有效性。研究结果表明,与 BP 神经网络相比,Elman 神经网络模型应用于投标报价预测中的性能显著提升,MAE 降低了 13.98, RMSE 减少了 18, MAPE 降低了 0.84。研究成果可以为企业参与轨道交通工程投标报价提供一定参考。

关键词:轨道交通;投标报价;Elman 神经网络

中图分类号: TU723.2 **文献标志码:** A

Research on Bid Price Prediction for Rail Transit Projects Based on Elman Neural Network

ZHOU Chen

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: Bidding for rail transit projects incurs certain costs for enterprises. Therefore, how bidding enterprises set their bid prices to increase their winning rates has become a core concern for all participants. This paper constructed a prediction model for rail transit bid prices based on the Elman neural network and empirically tested its effectiveness. The research results indicate that when the Elman neural network model is applied to bid price prediction, it exhibits improvements compared to the BP neural network, with reductions of 13.98 in MAE, 18 in RMSE, and 0.84 in MAPE. The research findings can provide a reference for enterprises participating in bid price setting for urban rail transit projects.

Key words: rail transit; bid price; Elman neural network

随着轨道交通规模的发展,各施工企业主要通过投标竞争的方式获得施工项目。这一过程中,投标成为企业获取项目的关键环节。然而,投标不仅仅是提交一份报价单,企业需要进行各项前期准备,并投入一定的成本参与投标。这些前期准备工作包括市场调研、项目可行性分析、技术方案制定、资源配置、团队组建等。这些投入不仅耗费了大量的时间和精力,还需

要资金的支持。一旦未能中标,这些投入的成本无法回收,企业将承担一定的经济损失。因此,如何进行报价提高中标率,成为各参与投标企业关注的核心问题。报价过高,可能失去竞争力;报价过低,则可能导致项目亏损^[1]。因此,企业在投标报价时,需要综合考虑多种因素,包括市场行情、项目成本、企业自身的技术优劣势、竞争对手的情况等。同时,企业还需具备良好

收稿日期:2024-07-16

作者简介:周琛(1989-),女,工程师。

引文格式:周琛. 基于 Elman 神经网络的轨道交通工程投标报价预测研究[J]. 高速铁路技术, 2025, 16(2): 94-98.

ZHOU Chen. Research on Bid Price Prediction for Rail Transit Projects Based on Elman Neural Network[J]. High Speed Railway Technology, 2025, 16(2): 94-98.

的成本控制能力和风险管理意识,在保证合理利润的前提下,尽可能提高中标的概率。投标报价是一个复杂的决策过程,需要企业全面评估和精细化管理。通过科学合理的报价策略,企业可以在激烈的竞争中脱颖而出,获得更多项目机会,确保企业的可持续发展。

1 影响投标报价的因素分析

影响轨道交通投标报价的内部因素主要包括成本测算准确度、风险承受能力及风险偏好、业务饱和度和利润期望值等。这些因素相互关联,共同决定了企业在竞标过程中的报价策略。

1.1 内部因素

首先,成本测算准确度是投标报价的基础。企业需要对材料、人工、设备、技术以及其他相关成本进行精确计算^[2]。具体来说,轨道交通项目通常涉及复杂的工程设计和大量的物资采购,任何测算误差都可能导致报价偏高或偏低,从而影响竞标结果。为了提高测算准确度,企业通常会采用先进的成本管理软件和精准的数据分析方法,确保每一项成本都能得到全面而细致的评估^[3]。

其次,企业的风险承受能力及风险偏好在很大程度上决定了其报价策略。不同企业对于市场波动和项目执行中的不确定性有不同的承受能力和态度。一些企业可能偏好高风险高回报的项目,愿意在报价中保留较小的利润空间,以提高中标概率,并期望通过后期项目实施中的优化和管理来获得更高的回报。而其他风险厌恶型企业则可能选择更为保守的报价策略,确保在各种可能的风险下依然能够实现预期利润。

接着,业务饱和度也是影响报价的重要因素。当企业现有业务饱和度较高时,往往会在投标报价中留有较大的利润空间,以确保项目能够为企业带来足够的经济回报^[4]。这种情况下,企业不急于通过低价竞标获取更多订单。而当业务饱和度较低时,企业则可能采用更为激进的报价策略,降低报价以获取更多的市场份额和业务量,进而提升企业整体的运营能力和市场竞争力。

最后,利润期望值是企业在制定投标报价时的核心考量之一。企业在考虑所有成本和风险因素的基础上,设定合理的利润期望值,以确保在激烈的市场竞争中实现可持续发展。不同企业的利润期望值会因其战略目标、市场定位和财务状况而有所不同。有些企业可能在短期内追求较高的利润回报,而有些企业则可能更注重长期的市场占有率和品牌建设,因此会设定较低的利润期望值,以增强竞争力。

1.2 外部因素

影响轨道交通投标报价的外部因素主要包括甲方财政情况、竞争对手数量、招投标类型、施工环境和资金来源等。这些因素在企业制定投标报价时起着至关重要的作用,因为它们直接影响项目的可行性、成本以及预期收益。

首先,甲方财政情况对投标报价有显著影响。甲方的财政状况决定了其对项目预算的宽松程度和付款能力。如果甲方财政状况良好,项目预算充足,企业在报价时可以相对宽松,确保利润空间。如甲方财政紧张,企业需在报价时更加谨慎,可能需要通过降低报价来迎合甲方的预算限制,确保项目顺利中标。

其次,竞争对手数量是影响报价的重要因素之一。在竞标过程中,竞争对手的数量和实力直接影响企业的报价策略。如果竞争对手数量较多,市场竞争激烈,企业可能需要通过降低报价来提高中标概率。然而,过低的报价可能会影响项目的利润率,因此企业需要在竞争压力和利润期望之间找到平衡点。而如果竞争对手较少,企业可以有更大的报价空间,从而保证项目的利润率。

接着,招投标类型也是影响报价的关键外部因素。不同的招投标类型对报价的要求和评标标准各不相同。比如,公开招标通常竞争激烈,报价需要具有很强的竞争力,而邀请招标则可能对企业资质和信誉有更高要求,报价可以相对高一些。此外,招标文件中的具体要求和评标标准也会影响企业的报价策略,企业需要仔细研究招标文件,确保报价符合招标要求。

此外,施工环境对投标报价有着直接的影响。轨道交通项目通常涉及复杂的施工环境,如地质条件、气候、交通状况等都会影响施工难度和成本。如果施工环境复杂,企业在报价时需要考虑可能增加的成本和风险,确保报价能够覆盖所有潜在的支出。而在施工环境相对简单的情况下,企业可以适当降低报价,以提高竞争力。

最后,资金来源是影响投标报价的重要外部因素之一。轨道交通项目通常需要大量的资金支持,资金来源的可靠性和稳定性直接影响项目的实施进度和成本。如果项目资金来源稳定可靠,企业在报价时可以相对宽松,确保项目的顺利实施。而如果资金来源不确定或存在风险,企业需要在报价时考虑可能的资金短缺风险,确保在资金不足时依然能够维持项目的正常运转。

2 Elman 神经网络基本结构

将 Elman 神经网络用于轨道交通投标报价决策模

型具有较高的适用性。Elman 神经网络是一种动态递归神经网络,能够捕捉时间序列数据中的复杂模式和非线性关系,这对于预测和决策过程非常重要。轨道交通投标报价涉及多种因素的复杂互动,包括内部因素如成本测算和利润期望值等,外部因素如甲方财政情况和竞争对手数量等。Elman 神经网络可以通过其隐含层的反馈机制,记忆和处理这些历史数据和动态变化,从而提高预测的准确性和决策的可靠性。因适应性强、学习能力高,使其在处理多维度、动态变化的投标报价数据时,能够提供更具有竞争力和合理性的报价策略,帮助企业在复杂的市场环境中做出最佳决策^[5]。Elman 神经网络结构如图 1 所示。

3 基于 Elman 神经网络的投标报价决策模型

本文将 Elman 神经网络用于投标报价决策时,其整体流程如图 2 所示。

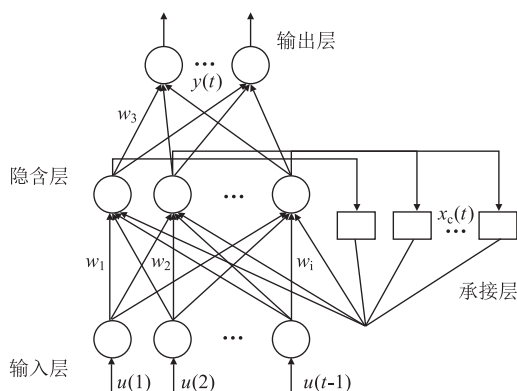


图 1 Elman 神经网络结构图

主要模型步骤如下:

(1) 分析影响投标报价的因素

本文分析的影响投标报价的各项因素主要包括成本测算准确度、风险承受能力及风险偏好、业务饱和度和利润期望值等内部影响,以及甲方财政情况、竞争对手数量、招投标类型、施工环境和资金来源等外部

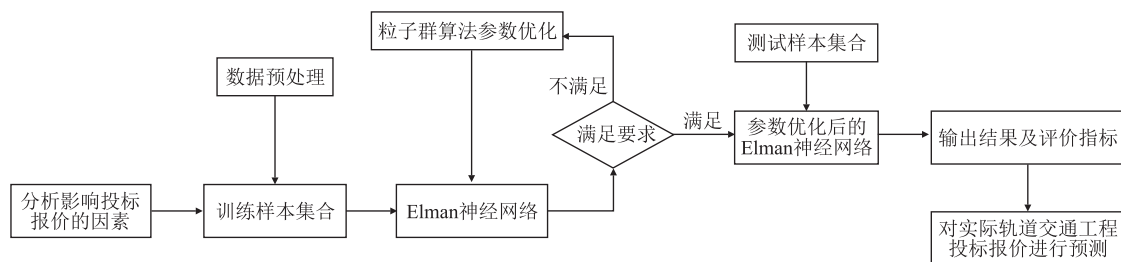


图 2 轨道交通工程投标报价决策模型图

影响。

(2) 构建 Elman 神经网络

在采用 Elman 神经网络的进行轨道交通投标报价决策时,输入可以采用式(1)表示:

$$x(t) = f(w_1 x_c(t) + w_2 u(t-1)) \quad (1)$$

式中, $u(t-1)$ 代表神经网络接受的各项影响轨道交通投标报价的因素, $x(t)$ 是隐藏层的输出, $x_c(t)$ 是承接层的输出,计算公式为:

$$x_c(t) = x(t-1) \quad (2)$$

式中, $x(t-1)$ 为上一轮迭代计算中,隐藏层的输出结果。Elman 神经网络采用式(3)计算投标报价的估计值:

$$y(t) = g(w_3 x(t)) \quad (3)$$

式中: w_1 、 w_2 、 w_3 ——输入层、隐藏层以及承接层的权重;

f 、 g ——激励函数,也可以选择不同的函数类型。

通过迭代学习,Elman 神经网络改变其网络结构,以达到对报价的最佳拟合值。

(3) 优化 Elman 神经网络参数

在构建 Elman 神经网络时,需要对网络结构等参数进行优化,本文选择粒子群算法进行参数优化。粒子群算法是一种基于群体智能的优化算法,具有全局搜索能力强、收敛速度快和实现简单等特点。在对 Elman 神经网络进行参数优化时,粒子群算法通过模拟粒子群体在搜索空间中的飞行和更新过程,动态调整网络参数,如权重和阈值,从而寻找最优解。该方法可以有效克服传统梯度下降算法易陷入局部最优的缺点^[6],提高 Elman 神经网络的泛化能力和预测精度。通过粒子群算法优化后的 Elman 神经网络,在轨道交通投标报价决策模型中能够更准确地捕捉数据中的复杂模式和动态变化,提供更加科学和竞争力的报价策略。其主要流程如图 3 所示。

(4) 模型评价

选择 MAE(平均绝对误差)、RMSE(均方根误差)以及 MAPE(平均绝对百分比误差),计算公式为^[7]:

$$MAX = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}_i| \quad (4)$$

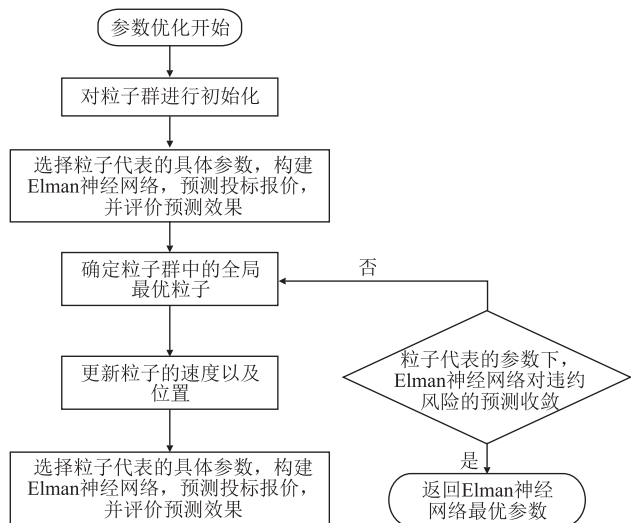


图3 粒子群算法 Elman 神经网络参数优化图

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (5)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \bar{y}_i|}{y_i} \quad (6)$$

式中: y_i ——在第 i 个样本, 真实的项目中标价格;

\bar{y}_i ——模型预测的投标价格。

4 实证检验

本文搜集了 365 个轨道交通的投标价格数据, 建立 Elman 神经网络进行预测, 按照 8:2 的标准, 划分为训练集以及测试集。采用粒子群算法对模型进行参数优化, 设置粒子群大小为 600, 迭代计算 400 次, 采用 RMSE 作为适应函数, 当 RMSE 变化小于 0.1 时, 结束迭代。粒子群算法的收敛情况如图 4 所示。

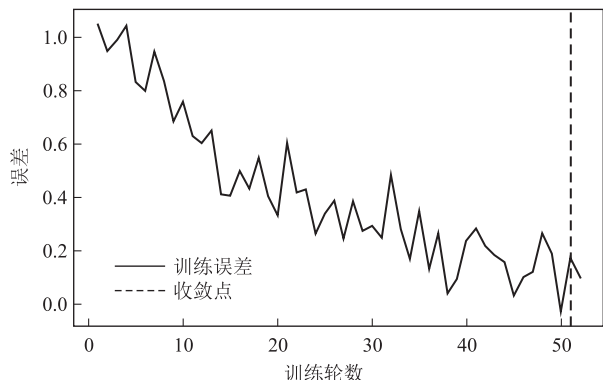


图4 Elman 神经网络训练收敛图

通过粒子群算法返回最优参数, 如表 1 所示。基于上述参数建立 Elman 神经网络, 并对不同的报价预测模型进行对比, 如表 2 所示。

由表 2 可知, 采用 Elman 神经网络模型对轨道交

表1 粒子群参数优化表

参数	值
隐藏层个数	57
学习率	0.025
激励函数	Purlin

表2 不同模型报价预测结果表

预测模型	MAE	RMSE	MAPE
Elman 神经网络	39.84	42.14	0.37
BP 神经网络	53.82	60.14	1.21
支持向量机	48.62	54.31	0.82
随机森林	50.16	57.12	1.03

通工程投标报价进行预测效果较好, 在 MAE 上对比 BP 神经网络减少 13.98, 在 RMSE 上减少 18, 在 MAPE 上降低 0.84, 均具有一定程度的提升。

5 结论

基于 Elman 神经网络的轨道交通工程投标报价策略结合了先进的动态递归神经网络和智能优化算法, 提供了一种科学且高效的报价决策方法。Elman 神经网络通过其隐含层的反馈机制, 能够记忆和处理复杂的时间序列数据, 捕捉投标报价过程中各种内部和外部因素的非线性关系, 如成本测算、风险承受能力、甲方财政情况和竞争对手数量等。为进一步提高预测的准确性, 采用粒子群算法对 Elman 神经网络进行参数优化, 通过模拟粒子群体的全局搜索过程, 动态调整网络参数, 克服传统优化方法易陷入局部最优的缺点。结果表明基于 Elman 神经网络的报价策略能够有效分析历史数据和当前市场环境, 提供具有竞争力和合理性的报价, 帮助企业在激烈的轨道交通工程投标中做出最佳决策, 实现利润最大化和可持续发展。

参考文献:

- [1] 黄素玲. 关于轨道交通工程的投标策略与报价技巧探究[J]. 门窗, 2024(6): 142-144.
HUANG Suling. Discussion on Bidding Strategy and Bidding Skills of Rail Transit Project[J]. Doors & Windows, 2024(6): 142-144.
- [2] 牛蕾. 城市轨道交通工程投标报价的合理确定与风险控制分析[J]. 工程技术, 2022(9): 227-229.
NIU Lei. Reasonable Determination and Risk Control Analysis of Bidding Quotation for Urban Rail Transit Engineering[J]. Engineering Technology, 2022(9): 227-229.
- [3] 张颖平. 浅谈单线铁路隧道进度与成本控制[J]. 高速铁路技术, 2022, 13(2): 62-66.
ZHANG Yingping. A Discussion on Progress and Cost Control for Single-track Railway Tunnels[J]. High Speed Railway Technology,

- 2022, 13(2): 62–66.
- [4] 章依卿. 城市轨道交通工程投标阶段造价管理的风险因素探析[J]. 商讯, 2023(17): 181–184.
- ZHANG Yiqing. Analysis on Risk Factors of Cost Management in Bidding Stage of Urban Rail Transit Project [J]. Corporate Finance, 2023(17): 181–184.
- [5] 孙旺青, 刘晓峰, 何沁蔓. 基于相似月和 Elman 神经网络的行业月度售电量预测[J]. 电力需求侧管理, 2022, 24(4): 53–58.
- SUN Wangqing, LIU Xiaofeng, HE Qinman. Monthly Electricity Sales Forecasting of Different Industries Based on Similar Month and Elman Neural Network Model[J]. Power Demand Side Management, 2022, 24(4): 53–58.
- [6] 梁益丰, 许江宁, 吴苗. 基于粒子群算法优化 Elman 神经网络的 GPS 快速钟差预报方法[J]. 海军工程大学学报, 2022, 34(6): 41–47.
- LIANG Yifeng, XU Jiangning, WU Miao. Elman Neural Network Based on Particle Swarm Optimization for Prediction of GPS Rapid Clock Bias[J]. Journal of Naval University of Engineering, 2022, 34(6): 41–47.
- [7] 杨飞, 张云娇, 范丁元. 基于改进马尔科夫模型的铁路客运量预测研究[J]. 高速铁路技术, 2023, 14(5): 45–50.
- YANG Fei, ZHANG Yunjiao, FAN Dingyuan. A Study on Railway Passenger Volume Forecast Based on Improved Markov Model [J]. High Speed Railway Technology, 2023, 14(5): 45–50.

(上接第 75 页)

- [5] GB 50019–2015 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范[S].
- GB 50019–2015 Design Code for Heating Ventilation and Air Conditioning of Industrial Buildings[S].
- [6] 王梦影. 双浮升力作用下的混合对流场特性研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2019.
- WANG Mengying. Study on the Characteristics of Mixed Convection Flow Field Under the Action of Double Floating Lift [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2019.
- [7] 郑浩, 童艳, 王昶舜, 等. 高大空间建筑上部开口驱动自然通风应用潜力[J]. 暖通空调, 2017, 47(9): 125–130, 124.
- ZHENG Hao, TONG Yan, WANG Changshun, et al. Potential of Natural Ventilation Using Upper Openings in a Large Space Building [J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2017, 47(9): 125–130, 124.
- [8] 魏琪, 夏国泉. 用低雷诺数 K-E 模型模拟室内空气混合对流换热[C]//计算流体力学研究进展——第十二届全国计算流体力学会议论文集. 西安, 2004: 641–644.
- WEI Qi, XIA Guoquan. Simulation of Indoor Air Mixed Convective Heat Transfer Using the Low-Reynolds-Number K-E Model [C]//Advances in Computational Fluid Dynamics-Proceedings of the 12th National Conference on Computational Fluid Dynamics. Xi'an, 2004: 641–644.
- [9] 陈家明. 基于冲击射流理论的吊扇流场壁面射流区气流分布特性研究[D]. 广州: 广州大学, 2023.
- CHEN Jiaming. Study on Air Distribution Characteristics of Ceiling Fan Flow Field Wall Jet Area Based on Impinging Jet Theory [D]. Guangzhou: Guangzhou University, 2023.
- [10] 许建丰. 轨道交通车辆段定修线一层岗位空调技术方案探讨[J]. 隧道与轨道交通, 2024(2): 35–37, 73.
- XU Jianfeng. Exploration of Technical Schemes for First-floor Post Air Conditioning of Maintenance Lines in Rail Transit Depots[J]. Tunnel and Rail Transit, 2024(2): 35–37, 73.
- [11] 张文雯, 李上志, 曾理, 等. 室内空调风口风速对热舒适度影响[J]. 制冷与空调(四川), 2019, 33(6): 674–678, 690.
- ZHANG Wenwen, LI Shangzhi, ZENG Li, et al. The Influence of Indoor Air Conditioning Outlet Wind Velocity on Thermal Comfort[J]. Refrigeration & Air Conditioning, 2019, 33(6): 674–678, 690.