

基于LSTM和MLP模型的医院财务管理分类优化研究

洪启道

(复旦大学附属妇产科医院,上海 200011)

摘要: 医院财务状况受多种因素影响,包括政策变化、市场条件和内部运营效率等。为了实现有效财务管理,提高经济效益,研究提出在长短期记忆网络基础上搭建医院财务管理分类系统。同时,结合多层感知机模型优化系统进一步提高数据处理的精细度。结果表明,设计的模型准确率达到98.26%,而精确率为90.01%。该系统在总体上表现最优,对判断虚假标签具有更好的准确性。这为医院管理层提供数据支持,并有助于为其他行业提供类似的财务预测和管理解决方案的参考。

关键词: 医院;财务管理;分类;LSTM;MLP

中图分类号:TP183 文献标识码:A 文章编号:1003-7241(2025)09-0184-05

Optimization of Hospital Financial Management Classification Based on LSTM and MLP Models

HONG Qidao

(Obstetrics and Gynecology Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai 200011, China)

Abstract: The financial situation of hospitals is influenced by various factors, including policy changes, market conditions, and internal operational efficiency. In order to achieve effective financial management and improve economic efficiency, the study proposes to build a hospital financial management classification system based on long-term and short-term memory networks. At the same time, combining multi-layer perceptron models to optimize the system further improves the precision of data processing. The results show that the accuracy of the designed model reaches 98.26%, while the precision is 90.01%. The system performs the best overall and has better accuracy in detecting false labels. This provides data support for hospital management and helps to provide reference for similar financial forecasting and management solutions for other industries.

Keywords: hospital; financial management; classification; long short-term memory; multilayer perceptron

0 引言

医院财务管理是医疗机构运营的核心部分,关系到医院的稳定运营和长期发展。医院财务管理的优化和改进可以采用先进的技术,如人工智能和大数据分析,能够提升财务数据处理的自动化和精确度,以此提高整体财务管理水平。赵岩靖为了有效提高医院财务管理系统性能,开发了基于应用服务供应商(application service provider, ASP)模式的系统降低使用成本,结果表明该方式存在可行性^[1]。精确的财务管理可以提高账款回收效率,避免收入流失。制定科学合理的年度预算,对医院的长远发展至关重要。财务管理确保预算的有效执行,支持医院战略目标的实现。医院必须遵守政府的财务规定和行业标准,良好的财务管理能保证医院在财务报告和税务处理等方面的合规性。医院的发展需要合理的投资,如新技术的引进、设施扩建等。长短期记忆网络(long short-term memory, LSTM)是一种特殊的循环神经网络,

可以很好地处理和预测时间序列数据的问题。Jia Q等人针对医院绩效的预测,选择静态和动态LSTM模型预测每天的患者访问量,提高医院管理相关信息的效率,结果表明该方法具有有效性^[2]。多层感知机(multilayer perceptron, MLP)是一种简单的神经网络,是人工智能领域最早的模型之一。其可以应用于多种任务,如图像分类、语音识别、自然语言处理等^[3-4]。因此,研究设计将LSTM和MLP进行结合,搭建医院财务管理分类系统。研究旨在构建一个能够准确反映和预测医院财务健康状况的智能系统,帮助医院管理者作出更明智的决策。该系统的开发不仅可以帮助医院更好地理解自身的财务状况,还能在变化多端的市场环境中提供战略指导。

1 基于LSTM和MLP模型的医院财务管理分类系统

1.1 基于LSTM模型的医院财务管理分类系统

在医院财务管理中,许多关键数据如现金流、费用和收入都具有时间序列特性^[4]。LSTM可以有效地利用这

*基金项目:上海市自然科学基金项目(S23ZR1426600360)

收稿日期:2024-05-16

些数据的历史信息,来预测未来的收入波动、成本趋势等财务状况。LSTM网络是专门设计用来解决一般的循环神经网络存在长期依赖的问题,可以处理长期和短期记忆,本质上是一种时间循环神经网络^[5-6]。LSTM关键结构示意图,如图1所示。

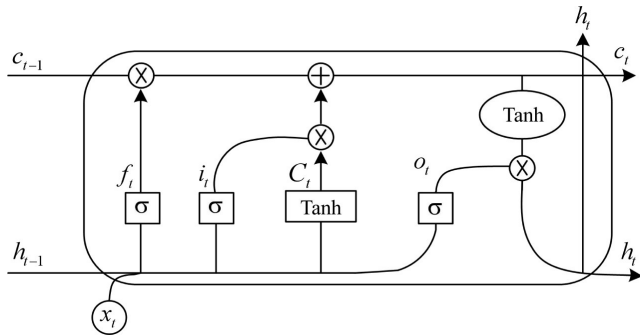


图1 LSTM关键结构示意图

图1中,LSTM关键结构主要组成为输入门、遗忘门和输出门。遗忘门的输出 f_t 与上一时刻的输出 h_{t-1} 及当前时刻的输入 x_t 有关,如式(1)所示。

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (1)$$

式中, σ 为Sigmoid激活函数, W_f 、 b_f 为遗忘门的权重和偏置。输出 i_t ,如式(2)所示。

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (2)$$

式中, W_i 、 b_i 为输出的权重和偏置。单元状态 C_t ,如式(3)所示。

$$C_t = \text{Tanh}(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (3)$$

式中, W_c 、 b_c 为单元状态的权重和偏置。在输出和单元状态的结果下,对信息进行更新,获取当前时刻的单元状态 C'_t ,如式(4)所示。

$$C'_t = f_t * C_{t-1} + i_t * C_t \quad (4)$$

式中, C_{t-1} 为上一时刻的单元状态。将当前时刻的输入和上一时刻的输出一起输入到Sigmoid激活函数,得到的输出 o_t ,如式(5)所示。

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (5)$$

式中, W_o 、 b_o 为输出门的权重和偏置。当前时刻的单元状态 C'_t 输入Tanh函数后与输出门计算,获得的输出 h_t ,如式(6)所示。

$$h_t = o_t * \text{Tanh}(C'_t) \quad (6)$$

在使用激活函数时,未标准化的变量可能导致输入值过大或过小,这会引入梯度消失或梯度爆炸的问题。为了提高模型的训练效率和性能,LSTM的损失函数选择二元交叉熵损失函数,其能够通过计算真实标签与预测标签之间的差异来衡量模型的预测准确性。同时,其可以使模型的输出自然地限制在0和1之间,而不需要额外的工作来确保输出在这个范围内^[7]。利用LSTM对历史

财务数据进行分析,可以预测医院的财务健康状况,帮助管理层做出更有根据的财务决策,如资金分配和成本控制^[8]。将数据分为训练集、验证集和测试集,时间序列数据通常按时间顺序分割,以保持时间上的连续性和防止未来信息泄露。这不仅考虑内部财务数据,还将外部经济和政策变化纳入分析框架,该分析方式能够提供更全面的财务健康评估。

1.2 融合MLP模型的医院财务管理分类系统优化

搭建好LSTM模型的医院财务管理分类系统之后,考虑到在医院财务管理中,正确地分类各种收支可以极大地影响财务报告的准确性和透明度。而MLP作为一种强大的前馈神经网络,擅长处理分类问题。MLP包括三层,即输入层、隐层和输出层,MLP神经网络中上一层的任何一个神经元与下一层的所有神经元都有连接^[9]。其中第 k 层的输出 $y^{(k)}$,如式(7)所示。

$$y^{(k)} = f(W^k y^{(k-1)} + b^{(k)}) \quad (7)$$

式中, W^k 、 $b^{(k)}$ 分别为第 k 层的权重和偏置。其中常用Sigmoid激活函数,如式(8)所示。

$$\text{Sigmoid}(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (8)$$

通过MLP模型,可以将复杂的财务条目自动分类到正确的科目下,例如将不同类型的医疗费用、行政费用和资本支出区分开来,提高财务报告的精确度和可靠性^[10]。由于医院财务事务的复杂性,很多机构在数据管理和整合上存在不足,这导致财务数据难以进行有效分类和实时分析。尽管现代技术已被广泛应用于财务管理中,许多医院仍然依赖手工处理大量财务数据,效率低下且容易出错。为了保证财务报表的透明度和准确性,避免出现财务虚假数据,制定有效的措施是一个极其重要的方法。为了识别财务虚假数据,研究设计LSTM+MLP模型。本质上,就是分析某医院某个时期的过往数据、财务数据和行业数据,通过LSTM+MLP模型识别综合指标体系中存在的虚假情况^[11-12]。整合LSTM和MLP模型来处理不同类型的数据输入,这在传统的财务预测模型中较为少见。LSTM能够处理时间序列数据,捕捉财务数据中的时间依赖性,而MLP可以处理更广泛的静态输入,比如医院的运营效率数据,从而提高预测的准确性和可靠性。LSTM+MLP模型组成,如图2所示。

图2中,4层MLP层的输入为LSTM层的输出,之后分类输入数据,从而保证模型输出的可靠性和一致性。输入数据在设计模型中完成目前年份的指标虚假和真实标签,输出数据在Sigmoid函数中获取每个标签的置信度,并设定阈值,如果置信度低于设定阈值,则标签预测值为0,反之则为1。数据集在初始阶段有356条真实样

本和365条虚假样本,真实样本中行业数据和过往数据分别有356条和1780条,虚假样本中含有365条行业数据和1825条过往数据^[13-14]。结合LSTM和MLP可以充分利用两者的优势,通过LSTM处理时间依赖性强的数据,MLP负责精确分类和输出结果。在处理财务预算和预测时,LSTM可以预测未来收支趋势,而MLP可以帮助将这些预测结果分类到不同的财务活动中,从而提供更详细的财务规划支持^[15]。当数据特征拥有不同的量级和分布时,模型训练变得困难,尤其是涉及梯度下降的算法。z-score标准化通过将所有特征的平均值调整为0和标准差调整为1,消除特征间的规模差异从而帮助加快梯度下降的收敛。在结合LSTM和MLP模型进行财务分类时,不同模型可能对数据的尺度敏感度不同。通过标准化,可以确保数据在不同模型间的一致性,从而提高整体模型融合的效果。z-score是一个数与平均数的差再除以标准差的过程,其标准化的公式,如式(9)所示。

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{s} \quad (9)$$

式中, X 为原始数据, \bar{X} 为平均数, s 为标准差。

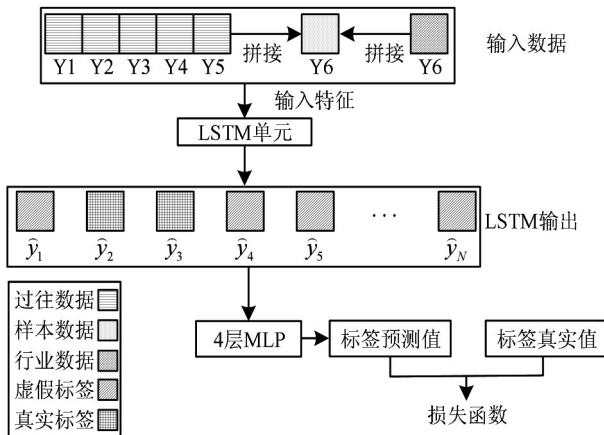


图2 LSTM+MLP模型预测

考虑到财务数据常常包含极值或异常值,如偶发的大额支出或收入。因此,标准化处理数据极其重要,这有利于模型不易受到某些极端值的影响,增强了模型对未见数据的泛化能力。

2 基于LSTM和MLP模型的医院财务管理分类系统结果分析

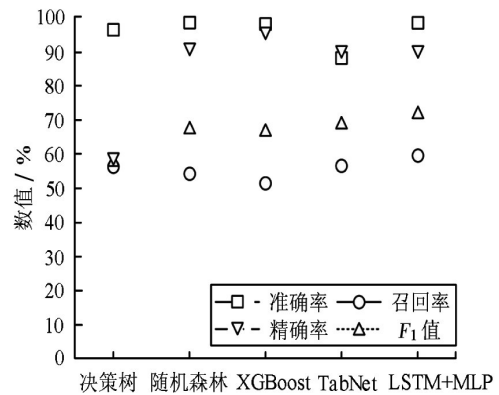
研究设计的模型的迭代次数为1000,批大小为16,优化器为Adam,隐藏层中神经元数量为100。考虑到优化器的学习率是影响模型训练的重要参数之一,对比不同学习率的效果,评价指标结果,如表1所示。

表1中,当学习率设置为0.001时,LSTM+MLP方法的各项分类指标达到最优。为了分析LSTM+MLP方法

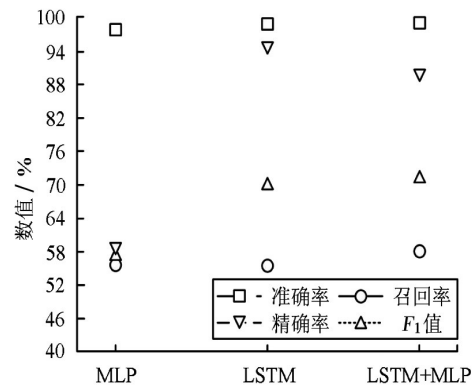
的可行性,在相同条件下分别训练LSTM+MLP、LSTM、MLP模型。获得的对比结果,如图3所示。

表1 不同学习率的评价指标结果

学习率	0.01	0.001	0.005	0.0001	0.0005	0.00001
准确率	95.41%	97.70%	96.84%	95.50%	96.75%	84.51%
精确率	99.92%	99.96%	99.92%	99.92%	99.96%	99.37%
召回率	95.41%	97.70%	96.84%	95.50%	96.75%	94.51%
F1值	97.52%	98.79%	98.29%	97.54%	98.26%	90.04%



(a) 不同机器方法结果



(b) 不同深度方法结果

图3 不同实验结果对比

图3(a)中,LSTM+MLP模型准确率、精确率、召回率和F1值分别为98.26%、90.01%、94.51%、97.54%,其在总体上表现最优,在判断虚假标签具有更好的准确性。决策树的精确率和F1值最低,分别为99.37%和90.04%,其在预测虚假标签方面的效果不佳,误判率高,且平衡性差。图3(b)中,LSTM的召回率和F1值分别为94.51%、97.54%,表示其判断虚假标签的能力较差。MLP的精确率为99.92%,其判断存在较大误差。结合LSTM和MLP可以利用各自的优势,提高整体模型的预测准确性。LSTM优秀的时间序列数据处理能力与MLP强大的特征交互处理能力的结合,使得模型能够更全面地理解和预测数据。LSTM+MLP、LSTM在训练过程中的损失函数变化,如图4所示。

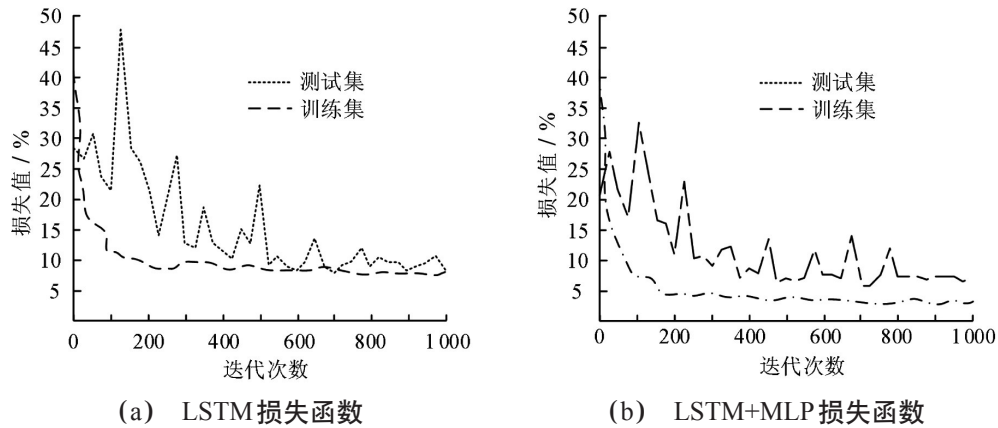


图4 LSTM+MLP、LSTM损失函数变化

图4(a)中,LSTM模型在100次迭代前训练集损失函数曲线急剧下降,大约在200次迭代开始收敛,损失值为0.09。测试集损失函数曲线在500次迭代前波动变化,此时其泛化能力受到一定影响,可能存在过拟合的情况。图4(b)中,LSTM+MLP稳定收敛时训练集损失值约为0.04,对比LSTM拥有更好的性能。该方法可以很好地处理非线性时间序列,对于虚假数据预测效果较好。该方法不仅能处理时间序列数据中的依赖关系,还能解释和利用非时间序列特征,这有助于提高模型对未见过的数据的泛化能力。不同方法的均方根差(root mean square error, RMSE),平均绝对误差(mean absolute error, MAE)

和平均绝对百分比误差(mean absolute percent error, MAPE),结果对比如表2所示。

表2中,LSTM+MLP方法的RMSE、MAE和MAPE结果最低,分别为0.0301、0.0233、1.55%。RMSE值越低,说明模型的预测误差越小。这说明该方法可以极大地增强医院在财务预测和管理方面的能力,进而提高整体的运营效率和财务稳定性。从营运、盈利、偿债这三个方面研究该医院的财务管理状况,以便确定在管理过程中所存在的财务问题。其中营运能力选择三个指标分析,三个方面的结果对比,如图5所示。

表2 不同方法的RMSE、MAE和MAPE结果对比

方法	决策树	随机森林	XGBoost	TabNet	MLP	LSTM	LSTM+MLP
RMSE	0.056 0	0.050 1	0.047 3	0.047 2	0.038 7	0.034 0	0.030 1
MAE	0.042 3	0.041 1	0.036 6	0.036 8	0.028 2	0.024 6	0.023 3
MAPE	3.12%	3.05%	2.30%	2.60%	1.90%	1.74%	1.55%

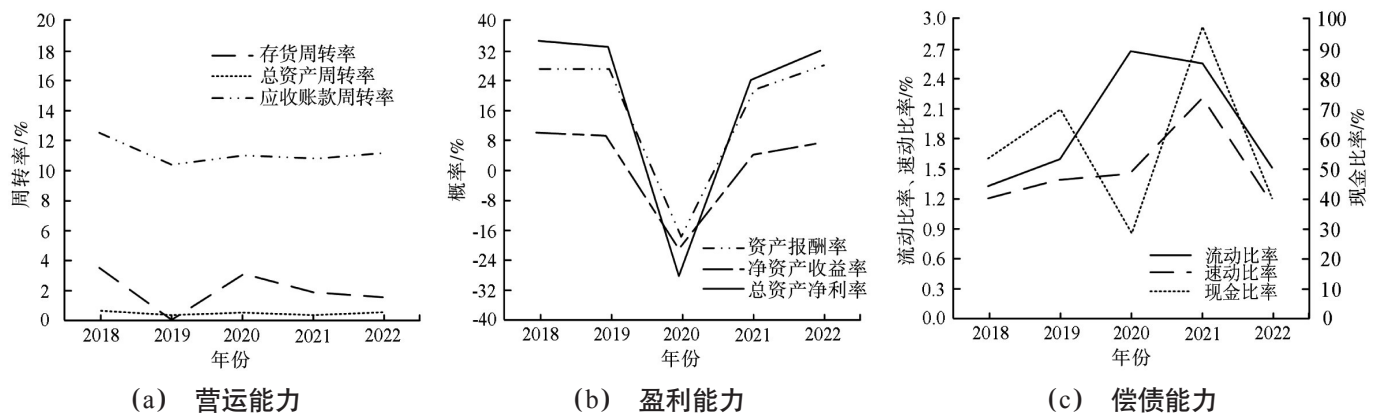


图5 不同角度的结果对比

图5(a)中,2018年-2022年间,该医院的总资产周转率相对稳定,平均为0.60%,医院的资产在这段时间内对产生收入的效率基本保持不变。而应收账款周转率也基本维持在10%~12%,较为稳定,表明医院在管理应收账款方面采取了一致的策略,并能够相对稳定地回收款项。

存货周转率在2019年时达到最低,为0.55%,在2018年达到最高,为3.55%,这种波动在于医院在管理存货方面由于需求预测不准确、采购策略改变或者供应链问题导致存货积压。图5(b)中,医院的净资产收益率最高时达到9.77%,表示医院能有效利用投资资金。2020年医院的总

资产净利率为-20.71%，达到最低，可能在于疫情影响、经营不善或高成本等因素。随后的两年间由于成本控制有效均有所增长，在2022年达到33.90%。资产报酬率最高和最低时分别为27.46%和-10.01%，这5年间医院资产利用效率存在波动变化。图5(c)中，医院的速动比率分别在2021年和2022年达到最高和最低，分别为2.16%和1.16%，也就是这两年间该医院使用除存货外的流动资产偿还当前债务的能力减弱。医院的流动比率在2020年达到最高，为2.62%，此时医院的流动资产充裕，短期偿债能力较强，在2018年达到最低，为1.31%。医院的现金比率为在2020年最低，为28.45%，在2021年最高，为95.44%，现金比率大幅提升表明医院的流动性极大增强，现金持有量充足。

因此，医院可以通过该系统改进资产管理策略，更好地控制成本，优化现金流，提高运营效率。同时可以预测未来的财务趋势和制定相应的策略，从而更好地适应变化的市场环境。

3 结束语

为了帮助医院进行更有效的财务规划，研究设计了结合LSTM和MLP模型的医院财务管理分类系统。结果表明，新设计的模型稳定收敛时训练集损失值约为0.04，对比LSTM拥有更好的性能。这表示该方法可以处理财务管理中关于时间序列数据的依赖关系，还能解释和利用非时间序列特征。该方法的RMSE、MAE和MAPE结果分别为0.030 1、0.023 3、1.55%，这不仅可以提升数据处理的效率和精度，还可以帮助医院实现更科学的财务决策和资源配置。这种技术的引入将是医院财务管理现代化的重要一步，有助于医院在竞争激烈的医疗市场中保持优势。此外，通过减少财务不确定性和风险，医院可以更有效地分配资源，改善服务质量，最终提高患者满意度和医院的整体运营效率。但研究未考虑未来的财务需求，未来可以更好地制定医院财务预算，以避免资源浪费。

参考文献：

- [1] 赵岩靖. 基于ASP模式的医院财务管理决策系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2023, 42(5): 115-118.
- [2] JIA Q, ZHU Y, XU R, et al. Making the hospital smart: using a deep long short-term memory model to predict hospital performance metrics [J]. Industrial Management & Data Systems, 2022, 122(10): 2151-2174.
- [3] 谢生龙, 王璐, 刘瑞佳, 等. LSTM预测驱动的软件系统主动自适应方法[J]. 应用科学学报, 2023, 41(1): 121-140.
- [4] 文竹, 袁立宁, 黄伟, 等. 基于图多层感知机的节点分类算法[J]. 广西科学, 2023(5): 942-950.
- [5] 张静. 基于混沌粒子群算法的神经网络的财务管理预警优

化模型[J]. 微型电脑应用, 2023, 39(2): 20-23.

- [6] 李思维, 孔祥玉, 刘畅, 等. 考虑多元用户行为特征的需求侧管理决策方法[J]. 电网技术, 2023, 47(5): 1942-1949.
- [7] 刘慧莲. 基于直觉时间模糊序列的财务风险精准预测研究[J]. 自动化技术与应用, 2023, 42(3): 184-186.
- [8] 杨渊. 基于神经网络的选煤厂智能化综合平台设计[J]. 能源与环保, 2023, 45(4): 222-227.
- [9] 朱力, 韩会梅, 彭宏. 基于深度学习的QPSK智能接收机模型研究[J]. 计算机测量与控制, 2024, 32(2): 213-218.
- [10] 李先鹏, 吴若男, 王义洋, 等. 融合滑动窗口和MLP-AdaBoost的电力负荷预测[J]. 计算机与数字工程, 2023, 51(1): 66-73.
- [11] KHAN M, WANG H, NGUEILBAYE A, et al. End-to-end multivariate time series classification via hybrid deep learning architectures[J]. Personal and Ubiquitous Computing, 2023, 27(2): 177-191.
- [12] 王强, 胡荣. 改进蝗虫优化MLP神经网络及数据分类应用[J]. 计算机工程与设计, 2022, 43(12): 3443-3452.
- [13] 张世伟, 索玮岚, 岳未祯. 国家科研机构财务管理综合能力测度研究[J]. 科研管理, 2023(12): 125-135.
- [14] ALKAN S. Industry classifications and identification of important industry groups [J]. International Journal of Business Intelligence and Data Mining, 2023, 23(3): 303-324.
- [15] 李达, 瞿伟, 张勤, 等. 融合多层感知机和优化支持向量回归的滑坡位移预测模型[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2023, 48(8): 1380-1388.

作者简介: 洪启道(1980—), 男, 本科, 中级会计师, 研究方向: 医院财务管理。