

## 基于深度学习的二手车价格预测模型及影响分析

李富强, 彭海丽, 杨 熙, 张文静

(工业和信息化部 装备工业发展中心, 北京 100846)

**摘 要:** 运用 2015 ~ 2019 年中国二手车行业相关数据, 基于深度学习模型, 采用对比分析法、控制变量法探究我国二手车成交价格影响因素的重要性程度。结果表明, 我国二手车成交量一直处于增长状态且保持较高增速; DNN 模型比年限估计法及重置成本法预测的二手车成交价格精度高; 新车指导价、已使用时间、已行驶距离、省份及汽车品牌重要性占比依次为 67%、13.06%、9.08%、6.22% 和 4.64%。

**关键词:** 二手车; 深度学习; DNN 模型; 成交价格

中图分类号: TP392 文献标志码: A DOI: 10.3969/j.issn.2095-1469.2021.05.09

## Prediction Modelling of Second-Hand Car Price Based on Deep Learning and Influence Factors Analysis

LI Fuqiang, PENG Haili, YANG Xi, ZHANG Wenjing

(Equipment Industry Development Center, Ministry of Industry and Information Technology, Beijing 100846, China)

**Abstract:** In order to study the importance of the factors influencing the transaction price of second-hand cars in China, firstly the present situation of second-hand cars in China was studied and analyzed. Then a model for predicting the transaction price of second-hand cars was established based on deep learning. Additionally the prediction results were compared with those of applying the year estimation method and the replacement cost method. Finally based on the deep neural network (DNN) model, the control variable method was used to analyze the importance degree of influencing factors of transaction price. The results show that China's second-hand car transactions have been growing at a rapid rate. The DNN model is more accurate than the year estimation method and the replacement cost method in predicting the second-hand car transaction price. And the importance of the guiding price, usage time, the driving distance, the province and car brands accounts for 67%, 13.06%, 9.08%, 6.22% and 4.64%, respectively.

**Keywords:** second-hand car; deep learning; DNN model; transaction price

随着我国居民消费观念的改变, 二手车在人们日常生活中扮演着越来越重要的角色<sup>[1]</sup>。近年来,

我国二手车市场显现出蓬勃的发展势头, 越来越多的人意识到二手车市场巨大的发展潜力<sup>[2]</sup>。随着人

收稿日期: 2021-05-13 改稿日期: 2021-06-23

参考文献引用格式:

李富强, 彭海丽, 杨熙, 等. 基于深度学习的二手车价格预测模型及影响分析 [J]. 汽车工程学报, 2021, 11(5): 379-385.

LI Fuqiang, PENG Haili, YANG Xi, et al. Prediction Modelling of Second-hand Car Price Based on Deep Learning and Influence

Factors Analysis [J]. Chinese Journal of Automotive Engineering, 2021, 11(5): 379-385. (in Chinese)



工智能的飞速发展,基于机器学习和深度学习的算法已用于二手车的研究。杨波<sup>[3]</sup>针对二手车交易中的评估定价问题,构建了 BP 神经网络进行了实例分析,结果表明,所建预测模型比现有预测模型更为准确、稳定。毛攀等<sup>[4]</sup>基于 BP 神经网络对二手车价格评估影响因素进行了探究,计算结果显示模型预测价格与实际价格相关系数达到 0.96。CHEN Daoping<sup>[5]</sup>基于 ARIMA 模型,建立了中国汽车需求预测模型,并对模型进行了预测性能评价,结果表明模型的预测效果很好。谢杨等<sup>[6]</sup>利用聚类、多元回归等算法,将车辆的上牌时间、表征里程、所属地区等因子作为自变量,成新率作为因变量建立模型,通过实际评估,模型具有较好的评估效果。王栋<sup>[7]</sup>基于灰度关联分析与 BP 神经网络对汽车保有量进行了预测,结果显示模型具有较好的评估效果。曹洁<sup>[8]</sup>基于随机森林算法,建立了二手车价值评估模型,在降低评估成本、提高评估效率的同时,为二手车价值评估提供一种新的思路。张晓东<sup>[9]</sup>基于长短时记忆神经网络模型,实现了可以应用于二手车行业的贷前审批风险控制模型,结果表明,其数据处理方法在 XGBoost 等机器学习模型的评价指标上都有了 3% 左右的提升。侍艳华等<sup>[10]</sup>基于 MFCC 和 CNN 算法对汽车鸣笛声进行了识别,识别准确率能够达到 97.6% 以上。刘聪等<sup>[11]</sup>将自适应提升算法应用于二手车价值的评估,提出一种以决策树桩作为弱分类器的集成方法,试验表明,自适应提升算法相比传统的决策树方法,准确率提高 7.1%。蒋翠清等<sup>[12]</sup>构建了 Attention LSTM 模型对汽车销量进行了预测,结果表明,Attention LSTM 模型较 ARIMA、SVR、BP 神经网络和 LSTM 模型平均百分比误差低。张远森<sup>[13]</sup>基于人工神经网络模型,建立了二手车估计模型,并从宏观和微观两个角度分析了二手车价格的影响因素,为二手车市场交易提供了一个很好的价格指导。虽然众多学者对二手车价值评估及影响因素分析等方面开展了研究,但利用深度学习模型对二手车成交价格影响因素重要性程度进行分析方面仍缺乏相关研究。

本研究介绍了我国二手车研究现状,构建了深

度神经网络(Deep Neural Network, DNN)模型并介绍了模型评估方法。利用模型的评价指标值分析了 DNN 模型的预测精度,基于 DNN 模型分析了我国二手车成交价格影响因素的重要性程度,根据分析阐明了本研究的关键结论。

## 1 研究现状

2015 ~ 2019 年我国二手车市场交易量<sup>[14]</sup>及增速<sup>[15]</sup>如图 1 所示:从 2015 年至 2019 年,二手车市场交易量逐年增加。其中,2017 年增速最快,为 19.3%,2018 年、2019 年增速虽然有所减缓,但仍保持了较高水平的增长,2019 年交易量达到了 1 490 万辆。可以看出,我国二手车市场具有较好的发展前景。

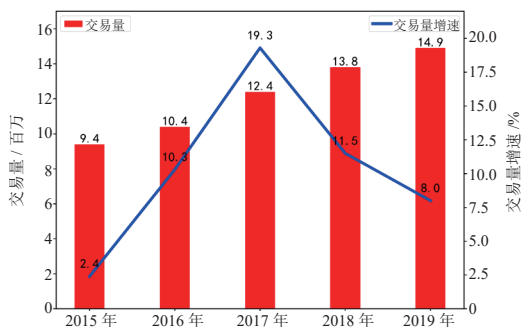


图 1 2015 ~ 2019 年我国二手车市场交易量及增速

现有的二手车市场交易研究可分为:(1)二手车价值评估,包括影响因素、评估模型、评估应用等研究<sup>[16]</sup>。(2)二手车预测,包括保值率预测、销量预测等研究。早期研究人员常采用传统方法开展研究。冯秀荣<sup>[17]</sup>采用因子分析法,研究了影响二手车价值的重要影响因子。她通过数据收集及资料调研,选取了 15 个影响因子,利用 SPSS 软件进行了分析。魏冬梅等<sup>[18]</sup>对重置成本法进行了改进,分析了二手车价格的影响因素,建立了评估二手车的评估模型并对其进行了运用。KIHM 等<sup>[19]</sup>研究了燃油消耗量对汽车价格的影响,证实了燃油消耗量对旧汽车的价格影响起关键作用。丁海波等<sup>[20]</sup>建立了 AHP-Fuzzy 的二手车性能综合评估模型,通过改进传统 AHP 方法,在一定程度上解决了二手车性能评估的模糊性问题。传统研究方法在一定

程度上推动了二手车市场评估体系的建立,但传统研究方法往往存在程序繁冗复杂、依赖从业人员经验、评估误差大等缺点。随着人工智能的兴起,研究人员利用机器学习与深度学习的方法开展了一系列研究。曹静娴<sup>[21]</sup>采用决策树、线性回归以及神经网络三种人工智能方法对大量二手车数据进行了分析,对影响二手车性能的多种因素进行了定量分析。吕劲<sup>[22]</sup>采用对比分析的方法,对比了原始变量数据与经过PCA、随机森林、GBDT算法特征提取和转换后的数据在SVM中的预测效果,结果表明,原始数据在SVM中进行价格预测的效果是最差的,利用PCA特征优化后的数据在SVM预测中表现最好。NEUMANN等<sup>[23]</sup>研究了5种机器学习算法:决策树、多层感知器、AdaBoost、逻辑回归和梯度提升在汽车驾驶员发生交通事故后更换车辆的决策,预测精度达到80%以上。李钊慧等<sup>[24]</sup>比较了BP神经网络模型与LSTM模型在汽车销售预测方面的性能,发现LSTM模型对于受季节因素影响的汽车销售数据在销售台数和销售金额趋势预测方面更为有效合理,在模型预测的精度上比BP模型效果更优。深度神经网络在处理大量、非线性等方面的数据时,其性能几乎优于其他所有传统机器学习算法。因此,本研究选取DNN模型对我国二手车开展价格预测及影响因素重要性程度研究。

## 2 深度学习模型及评估方法

### 2.1 DNN 模型原理及构建

深度神经网络算法是一种有监督式的学习算法。它的学习规则是梯度下降法,通过反向传播来不断调整神经网络的权值和偏置值,使网络的损失函数值达到最小,从而实现网络预测值逼近真实值<sup>[25]</sup>。

DNN模型拓扑结构包括输入层、隐层以及输出层。隐层一般在3层及3层以上,每一层的神经元个数都应该合理地选取。深度神经网络结构如图3所示,正向传播过程接收输入数据进行正向拟合预测,反向传播及权值修正过程通过梯度下降调整层间权值,提高模型拟合精度。

影响二手车成交价格的因素众多,本文选取省份、汽车品牌、新车指导价、已使用时间以及已行驶距离这5个关键影响因素进行研究,所以构建的DNN模型输入层神经元个数为5。研究的因变量是二手车成交价格,所以输出层神经元个数为1。以均方根误差(Root Mean Square Error, RMSE)作为模型的评价标准,通过训练过程中合理地调参,得到了能够较高精度地拟合二手车成交价格的隐含层层数等相关参数,选定隐含层层数为3层且每层神经元个数为70个;选取学习率为0.0001;选取神经网络的激活函数为ReLU函数;选取优化算法为自适应矩估计算法(Adaptive Moment Estimation, Adam)。

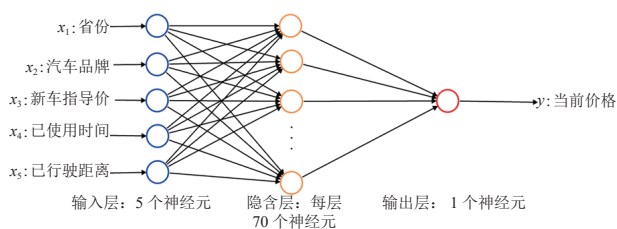


图2 深度神经网络结构

同时,本研究为避免DNN模型过拟合等问题,在第1隐层后设置了一层批标准化层(Batch Normalization, BN)。

### 2.2 模型评估方法

本研究选取RMSE、 $R^2$ (R Squared)、平均绝对误差(Mean Absolute Error, MAE)来评估模型的优劣。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i^{\text{data}} - X_i^{\text{model}})^2} \quad (1)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (X_i^{\text{data}} - X_i^{\text{model}})^2}{\sum_{i=1}^N (X_i^{\text{data}} - \bar{X})^2} \quad (2)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X_i^{\text{data}} - X_i^{\text{model}}| \quad (3)$$

式中: $N$ 为每个数据集的总样本数; $X_i^{\text{data}}$ 为每个数据集中第*i*个数据值; $X_i^{\text{model}}$ 为模型计算出来的与 $X_i^{\text{data}}$ 相对应的值; $\bar{X}$ 为所有 $X_i^{\text{data}}$ 的平均值。

### 3 结果与分析

#### 3.1 模型训练及测试结果分析

基于安徽省、广东省、福建省以及重庆市的二手车成交数据进行 DNN 模型的训练及测试, 汽车品牌为奥迪、大众、奔驰、宝马。为了将输入数据统一为数字型数据, 以数字 1、2、3、4 依次表示安徽省、广东省、福建省、重庆市, 以数字 5、6、7、8 依次表示奥迪车、大众车、奔驰车、宝马车。收集了共计 22 385 组二手车成交数据, 取 70% 为训练集, 共计 14 924 组成成交数据; 取 30% 为测试集, 共计 7 461 组成成交数据。

深度神经网络训练损失值 Loss 如图 3 所示, 通过 300 次迭代训练后, 损失值 Loss 降得很低。DNN 模型在训练集上的预测效果如图 4 所示, 可以看到, 模型高精度地拟合了二手车成交价格, DNN 模型训练完成。

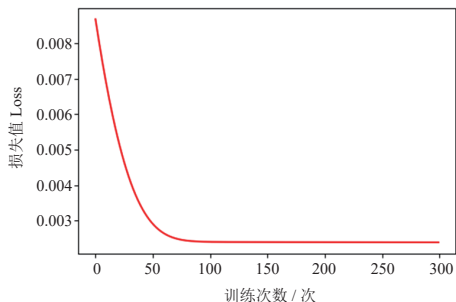


图 3 深度神经网络训练 Loss 图

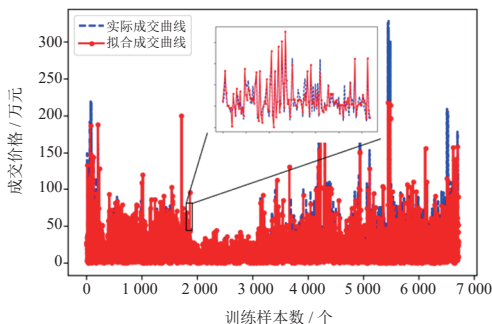


图 4 深度神经网络训练集拟合曲线与实际曲线

将测试集数据输入进训练好的 DNN 模型, 得到二手车成交价格预测值, 与实际成交价格拟合曲线对比, 如图 5 所示。可以看出, 训练好的 DNN 模型能够较高精度地拟合测试集上的数据。

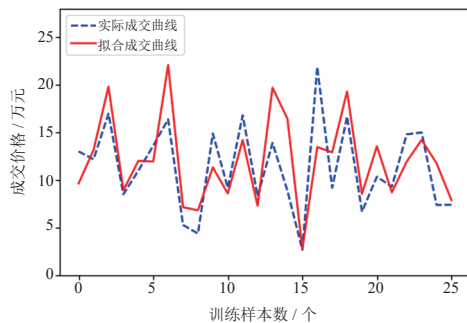


图 5 深度神经网络测试集拟合曲线与实际曲线

#### 3.2 模型预测精度分析

选取年限估计法与重置成本法<sup>[26]</sup>两种经典的二手车价格预测方法作为对照方法。随机选取测试集中的 10 辆二手车, 其实际价格与各方法预测价格对比如图 6 所示。可以看出, 3 种方法都拟合了 10 辆二手车价格的变化趋势, 但重置成本法相对于 DNN 模型与年限估计法的拟合效果更差, 重置成本法的预测价格偏低, DNN 模型与年限估计法预测的价格围绕着实际价格上下波动。

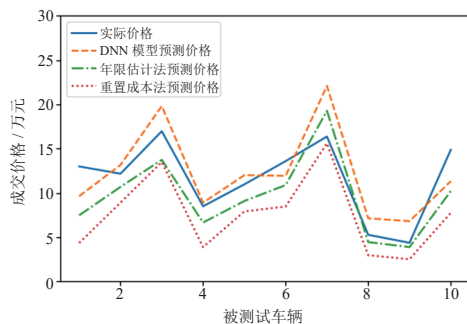


图 6 实际价格与各方法预测价格对比

采用 DNN 模型方法、年限估计法以及重置成本法在整个测试集上计算 RMSE、 $R^2$ 、MAE 值, 其结果见表 1。可以看出, 采用 DNN 模型预测的价格 RMSE 值与 MAE 值是 3 种方法中最低的, 分别为 6.04 与 3.44,  $R^2$  值是 3 种方法中最高的, 为 0.85。3 项评估指标表明: 相较于传统方法, DNN 模型预测的二手车成交价格精度更高。

表 1 三种预测方法的评估指标值

	RMSE	$R^2$	MAE
DNN 模型	6.04	0.85	3.44
年限估计法	7.14	0.8	4.14
重置成本法	9.85	0.57	6.92



### 3.3 基于 DNN 分析我国二手车成交价格影响因素的重要性程度

采用控制变量法分析二手车成交价格影响因素重要性程度。如表 1 所示，通过逐一去掉省份、汽车品牌、新车指导价、已使用时间、已行驶距离数据的方式，利用深度神经网络进行成交价格预测，得到 RMSE。分别与全影响因素的 RMSE 对比，记录各自的 RMSE 增长值。RMSE 增长值反映了被去掉项的重要性程度。计算各影响因素 RMSE 增长值比值，得到每项影响因素的重要性程度具体数值。

表 2 基于 DNN 模型控制变量分析二手车影响因素的重要性程度

影响因素	RMSE/%	增长值 /%	重要性程度 /%
全影响因素	2.82	—	—
省份	2.95	0.13	4.09
汽车品牌	2.92	0.10	3.14
新车指导价	4.78	1.96	61.64
已使用时间	3.36	0.54	16.98
已行驶距离	3.27	0.45	14.15

考虑神经网络初始化权值等随机性影响，本研究做了 20 组如表 2 所示的重要性程度数据，所得二手车成交价格影响因素最小、最大比例如图 7 所示。可以看出，新车指导价是影响二手车成交价格的决定性因素，已使用时间与已行驶距离是影响二手车成交价格的重要性因素。相对来说，省份与汽车品牌对二手车成交价格的影响较小。

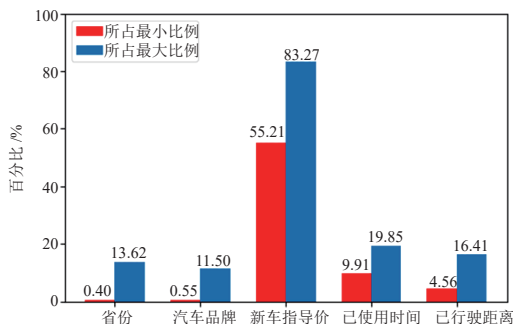


图 7 二手车成交价格影响因素的重要性程度最小、最大比例

将 20 组重要性程度数据取平均值，得到二手车成交价格影响因素的重要性程度，如图 8 所示。可以看出，影响我国二手车成交价格的决定性因素是新车指导价，重要性占比 67%；重要因素是已使用时间与已行驶距离，分别占比 13.06% 和 9.08%；次要因素是汽车品牌与省份，分别占比 6.22%、4.64%。

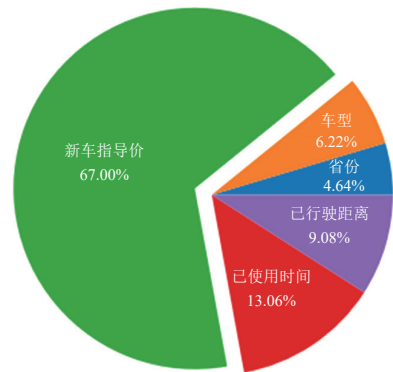


图 8 二手车成交价格影响因素的重要性程度

## 4 结论

本文介绍了我国二手车研究现状，构建了 DNN 模型并介绍了模型评估方法，通过与年限估值法、重置成本法两种传统方法做比较，分析了 DNN 模型的预测精度，基于 DNN 模型分析了我国二手车成交价格影响因素的重要性程度。结果表明：（1）相较于两种传统价格预测方法，DNN 模型预测的二手车成交价格精度更高。（2）影响我国二手车成交价格的决定性因素是新车指导价，重要性占比 67%；已使用时间与已行驶距离是影响二手车成交价格的重要因素，占比 13.06% 和 9.08%；次要因素是汽车品牌与省份，分别占比 6.22%、4.64%。本研究尚存不足之处，如仅基于 4 个省份的 4 种车型二手车成交数据进行研究，但对于深入探究利用深度学习预测二手车价格及分析二手车价格影响因素的重要性程度提供了一定的借鉴。

## 参考文献 (References)

- [1] 刘凯迪, 王阳. 浅析我国二手车市场的现状及其发展趋势——以南京市二手车市场为例 [J]. 汽车维护与修理, 2018(12): 58-60.  
LIU Kaidi, WANG Yang. Analysis of the Status and Development Trend of the Used Car Market in China—Taking the Second-Hand Car Market in Nanjing As an Example [J]. Auto Maintenance and Repair, 2018(12): 58-60. (in Chinese)
- [2] 杨培娟. 二手车消费者购买行为分析 [J]. 内燃机与配件, 2019(12): 170-171.  
YANG Peijuan. Analysis of the Consumer Behavior of Second-Hand Cars [J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2019(12): 170-171. (in Chinese)
- [3] 杨波. 基于智能算法的“互联网+”时代二手车评估定价模型研究 [J]. 江苏商论, 2017(5): 21-24.  
YANG Bo. Based on the Intelligent Algorithm, the “Internet Plus” Era Used Vehicle Valuation Pricing Model [J]. Jiangsu Commercial Forum, 2017(5): 21-24. (in Chinese)
- [4] 毛攀, 蔡云, 万雄, 等. 基于 BP 神经网络的二手车价格评估影响因素研究 [J]. 汽车实用技术, 2020(4): 59-63, 67.  
MAO Pan, CAI Yun, WAN Xiong, et al. Research on Influencing Factors of Used Car Price Evaluation Based on BP Neural Network [J]. Automobile Technology, 2020(4), 59-63, 67. (in Chinese)
- [5] CHEN Daoping. Chinese Automobile Demand Prediction Based on ARIMA Model [C]// 2011 4th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), Oct. 15-17, 2011, Shanghai, China. Piscataway NJ: IEEE, c2011: 2197-2201.
- [6] 谢杨, 温华, 张洁. 基于机器学习的二手车价格评估方法 [J]. 企业开发技术, 2015, 34(11), 116-118.  
XIE Yang, WEN Hua, ZHANG Jie. Second Hand Car Price Evaluation Method Based on Machine Learning [J]. Technological Development of Enterprise, 2015, 34(11), 116-118. (in Chinese)
- [7] 王栋. 基于灰色关联和 BP 神经网络的汽车保有量预测 [J]. 计算技术与自动化, 2015(1): 29-33.  
WANG Dong. Prediction of Car Ownership Based on Grey Relational Analysis and BP Neural Network [J]. Computing Technology and Automation, 2015(1): 29-33. (in Chinese)
- [8] 曹洁. 基于随机森林模型的二手车价值评估研究 [D]. 石家庄: 河北经贸大学, 2020.
- CAO Jie. Research on Value Evaluation of Second-Hand Car Based on Random Forest Model [D]. Shijiazhuang: Hebei University of Economics and Business, 2020. (in Chinese)
- [9] 张晓东. 基于 LSTM 深度神经网络的金融风险控制模型设计与实现 [D]. 北京: 中国地质大学, 2020.  
ZHANG Xiaodong. Design and Implementation of Financial Risk Control Model Based on LSTM Deep Neural Network [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2020. (in Chinese)
- [10] 侍艳华, 刘菁原, 卞飞, 等. 基于 MFCC 和 CNN 的汽车鸣笛声识别算法 [J]. 电声技术, 2020, 44(5), 30-33.  
SHI Yanhua, LIU Jingyuan, BIAN Fei, et al. Car Whistle Recognition Algorithm Based on MFCC and CNN [J]. Auto Engineering, 2020, 44(5), 30-33. (in Chinese)
- [11] 刘聪, 程希明. 基于 AdaBoost 的二手车价值评估方法 [J]. 北京信息科技大学学报 (自然科学版), 2017, 32(3), 49-53.  
LIU Cong, CHENG Ximing. Second Hand Car Value Evaluation Method Based on AdaBoost [J]. Journal of Beijing Information Science & Technology University (Natural Science), 2017, 32(3), 49-53. (in Chinese)
- [12] 蒋翠清, 王香香, 王钊. 基于消费者关注度的汽车销售量预测方法研究 [J]. 数据分析与知识发现, 2021(1): 128-139.  
JIANG Cuiqing, WANG Xiangxiang, WANG Zhao. Research on Car Sales Prediction Method Based on Consumer Concern [J]. Data Analysis and Knowledge Discovery, 2021(1): 128-139. (in Chinese)
- [13] 张远森. 基于神经网络的二手车价格评估模型 [D]. 天津: 天津大学, 2018.  
ZHANG Yuansen. Second Hand Car Price Evaluation Model Based on Neural Network [D]. Tianjin: Tianjin University, 2018. (in Chinese)
- [14] 中国汽车流通协会信息部. 全国二手车市场分析 [EB/OL]. [http://www.cada.cn/Data/list\\_86\\_2.html](http://www.cada.cn/Data/list_86_2.html).  
Information Department of China Automobile Dealers Association. National Second Hand Car Market Analysis [EB/OL]. [http://www.cada.cn/Data/list\\_86\\_2.html](http://www.cada.cn/Data/list_86_2.html). (in Chinese)
- [15] 前瞻产业研究院. 2020 年中国二手车市场发展现状分析 [EB/OL]. (2020-04-27) [https://www.sohu.com/a/391559380\\_473133](https://www.sohu.com/a/391559380_473133).  
Prospective Industry Research Institute. Analysis on the

- Development Status of China's Second-Hand Car Market in 2020 [EB/OL]. (2020-04-27) [https://www.sohu.com/a/391559380\\_473133](https://www.sohu.com/a/391559380_473133). (in Chinese)
- [16] 李雪磊. 基于 BP 神经网络的二手车价值评估模型的构建及应用 [D]. 重庆: 重庆理工大学, 2020.  
LI Xuelei. Construction and Application of Used Car Value Evaluation Model Based on BP Neural Network [D]. Chongqing: Chongqing University of Technology, 2020. (in Chinese)
- [17] 冯秀荣. 影响二手车价值的因子分析 [J]. 商业研究, 2008 (2): 102-105.  
FENG Xiurong. Factor Analysis of Influencing Used Car Value [J]. Commercial Research, 2008 (2): 102-105. (in Chinese)
- [18] 魏冬梅, 陈彩. 成本法在二手汽车价格评估中的应用研究 [C]// 智能信息技术应用学会会议论文集. 2015: 385-390.  
WEI Dongmei, CHEN Cai. Research on Application of Cost Method in Used Car Price Evaluation [C]// Proceedings of Intelligent Information Technology Application Research Association. 2015: 385-390. (in Chinese)
- [19] KIHM A, VANCE C. The Determinants of Equity Transmission Between the New and Used Car Markets: A Hedonic Analysis [J]. Journal of the Operational Research Society [Serial Online], 2016, 67 (10): 1250-1258.
- [20] 丁海波, 牛丽. 基于改进 AHP-Fuzzy 的二手车性能综合评估研究 [J]. 机电工程技术, 2013, 42 (12), 79-82.  
DING Haibo, NIU Li. Research on Comprehensive Evaluation of Used Car Performance Based on Improved AHP Fuzzy [J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2013, 42 (12), 79-82. (in Chinese)
- [21] 曹静娴. 基于数据挖掘技术的二手车性能评估模型研究 [J]. 商场现代化, 2014 (24): 17-18.  
CAO Jingxian. Research on Used Car Performance Evaluation Model Based on Data Mining Technology [J]. Market Modernization Magazine, 2014 (24): 17-18. (in Chinese)
- [22] 吕劲. 基于特征优化组 SVM 的二手车价格预测研究 [D]. 武汉: 中南财经政法大学, 2019.  
LYU Jin. Research on Used Car Price Prediction Based on Feature Optimization Group SVM [D]. Wuhan: Zhongnan University of Economics and Law, 2019. (in Chinese)
- [23] NEUMANN N, NOWAK R M. Machine Learning-Based Predictions of Customers' Decisions in Car Insurance [J]. Applied Artificial Intelligence, 2019 (6): 817-818.
- [24] 李钊慧, 张康林. 基于 BP 算法和 LSTM 算法的汽车销售预测模型比较研究 [J]. 经济研究导刊, 2020 (20): 84-88, 93.  
LI Zhaohui, ZHANG Kanglin. Comparative Study of Auto Sales Forecasting Models Based on BP Algorithm and LSTM Algorithm [J]. Economic Research Guide, 2020 (20): 84-88, 93. (in Chinese)
- [25] 杨嘉昕, 吕谋. 基于神经网络深度学习和结构优化的供水管网漏口失效形式及漏失量预测 [J]. 水电能源科学, 2020, 38 (8), 87-90.  
YANG Jiaxin, LYU Mou. Failure Mode and Leakage Prediction of Water Supply Network Leakage Based on Neural Network Deep Learning and Structure Optimization [J]. Water Resources and Power, 2020, 38 (8), 87-90. (in Chinese)
- [26] 徐海平. 修正的重置成本法在二手乘用车价值评估中的应用研究 [D]. 重庆: 重庆理工大学, 2020.  
XU Haiping. Application of Modified Replacement Cost Method in Second-Hand Passenger Car Value Evaluation [D]. Chongqing: Chongqing University of Technology, 2020. (in Chinese)

## 作者简介



李富强 (1983-), 男, 吉林公主岭人, 学士, 助理工程师, 主要研究方向为机动车出厂合格证管理。

Tel: 010-68200263

E-mail: lifuqiang@eidc.org.cn

## 通信作者



彭海丽 (1986-), 女, 湖南郴州人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为乘用车企业平均燃料消耗量与新能源管理。

Tel: 010-68200273

E-mail: penghaili@eidc.org.cn