

10.16638/j.cnki.1671-7988.2020.04.020

基于 BP 神经网络的二手车价格评估影响因素研究^{*}

毛攀, 蔡云, 万雄, 王文迪

(西华大学汽车与交通学院, 四川 成都 610039)

摘要: 为了高效客观准确评估二手车价格, 以影响二手车价格评估的因素为研究对象, 采用文献法分析筛选出二手车评估价格的 11 个影响因素并建立了 BP 神经网络二手车价格评估模型。通过 BP 神经网络二手车价格评估模型的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, 根据所建模型的连接权值得出了二手车价格评估影响权重值较大的 7 个因素。最后将影响二手车价格评估的 7 个主要因素作为输入重构了价格评估模型并重新计算二手车价格得出 BP-11 模型与 BP-7 模型计算结果基本一致且 Pearson 相关性度到 0.83。因此本文的研究结果表明: 二手车价格评估主要受综合油耗、车辆售后满意度、车龄、车辆可靠性、舒适性、外观、当前里程数的影响, BP 神经网络二手车价格评估模型可由这 7 个因素描述。

关键词: 二手车评估价格; 影响因素; BP 神经网络; 权重

中图分类号: F045.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671-7988(2020)04-59-06

Research on Influencing Factors of used car price evaluation based on BP neural network^{*}

Mao Pan, Cai Yun, Wan Xiong, Wang Wendi

(School of Automotive & Transportation Engineering, Xihua University, Sichuan Chengdu 610039)

Abstract: In order to evaluate the second-hand car price efficiently, objectively and accurately, this paper takes the factors that affect the second-hand car evaluation price as the research object, selects 11 influencing factors of the second-hand car evaluation price by literature analysis, and establishes the BP neural network second-hand car price evaluation model. Through the calculation results of BP neural network used car price evaluation model, it shows that the correlation coefficient between the predicted evaluation price and the actual price of the model is 0.96. According to the connection weight of the model, seven factors that have great influence on the weight value of used car price evaluation are given. Finally, seven main factors that affect the second-hand car price evaluation are used as input to reconstruct the price evaluation model and recalculate the second-hand car price. The results of bp-11 model and bp-7 model are basically the same, and the Pearson correlation degree is 0.83. Therefore, the research results of this paper show that: the second-hand car price evaluation is mainly affected by comprehensive fuel consumption, vehicle after-sales satisfaction, vehicle age, vehicle reliability, comfort, appearance and current mileage. The BP neural network second-hand car price evaluation model can be described by these seven factors.

Keywords: Used carevaluation price; Influencing factors; BP neural network; Weight

前言

随着二手车交易市场的快速增长,根据中国汽车流通协会公布的2018年全国二手车交易数据显示,2018年1-12月全国累计完成交易二手车1382.19万辆,同比增长11.46%。二手车的剩余价值评估方法却未随着市场的快速发展而有较大的突破,以往的二手车的发展研究中过多的是研究二手车的评估方法,而没有贴近市场做进一步的深入研究。二手车的剩余价值是二手车交易流通中的一个重要环节,传统的剩余价值评估方法主要依靠二手车评估人员的经验判断,评估过程主观人为因素多没有根据客观影响因素来综合全面评估二手车的剩余价值。在二手车市场快速发展的过程中传统经验评估法已不能适应市场的需要,二手车的评估价格对二手车消费者有最直接的主观感受,通过影响二手车评估价格的客观因素为基础,建立可以客观评估二手车价格的预测模型并通过权重分析得出对二手车评估价格产生较大影响的因素。

1 二手车评估价格影响因素分析

目前,对二手车剩余价值评估方法有重置成本法、现行市价法、收益现值法、清算价格法。这些评估方法受到适用范围局限和方法存在的缺点影响,无法准确具体反映各影响因素对评估价格影响。二手车的评估价格受到诸多因素影响,而大多学者研究主要还是基于传统方法如:徐震宇在重置成本法二手车成新率计算中选取了品牌价值、市场保有量、新车价格的稳定性、使用及维修成本二手车市场供求关系作为影响来对二手车评估价格进行分析^[1]。周亮则从实体性贬值、经济性贬值和功能性贬值三个方向进行因素分析探究对二手车评估价格的影响^[2]。胡宁则认为二手车评估价格主要受车辆实际使用年限、使用强度、日常养护质量、车辆品牌、市场供求关系、异常使用情况等六大因素影响^[3]。冯秀荣等通过分析使用年限、行驶里程、工作性质、维护保养等15个因素后认为使用年限对二手车价值的影响力很强,一般年限1-3年期间折旧最快而年限在3-6年的二手车价格相对稳定^[4]。林艺琳等通过通过分析二手车剩余价值的影响因素,结合重置成本法、现行市价法的优点及乘用车保值率的原理,运用层次分析法、德尔菲打分法计算各指标因素的权重系数,从而确定个体二手车剩余价值的评估模型^[5]。参考其他学者

作者简介:毛攀(1993.04-),男,在读研究生,就读于西华大学汽车与交通学院,研究方向:汽车服务后市场。**基金项目:**成都市科技项目(2016-RK00-00151-ZF)资助。

对二手车评估价格影响因素的研究上得出影响二手车评估价格的三大指标:实体性指标,功能性指标,经济性指标。实体性指标是指二手车的实体性贬值,二手车使用过程中因机件磨损和损耗等原因而导致的车辆实体发生的价值损耗及外界自然力作用导致的损耗,实体性指标包含车辆技术因素、车辆外观因素、车龄因素、当前行驶里程、维护与保养。功能性指标是二手车车辆在技术或性能方面的情况,其主要包括有新车售价、品牌知名度、汽车保有量、售后服务、舒适性、操控性、质量口碑、汽车保值率。经济性指标指由一些外部环境因素以及使用成本造成二手车价格变化的,如二手车市场需求因素、税收因素、环保因素。综合文献资料从三大指标分析初步筛选出影响二手车评估价格的因素,第一指标实体性指标包含车龄、当前里程数、外观、维护保养;第二指标功能性指标包含车型保有量、舒适性、操控性、车辆可靠性、车辆售后服务满意度、包含新车购买价;第三指标经济性指标包含综合油耗因素。综合文献资料研究分析从三大指标角度选取车龄、当前里程、新车购买价、外观、舒适性、操控、维护保养、综合油耗、车型保有量、车辆可靠性、车辆售后服务满意度共11个因素作为本文对二手车价值影响的主要因素。

1.1 车龄

二手车的车龄即二手车的使用年限,车辆从新车在公安交通管理部门注册登记之日起至评估基准日的时间。

1.2 当前里程数

二手车的当前里程数就是该车目前总的行驶里程数,如果车辆上的里程表完好没有后期更改的里程的行为,则车辆的行驶里程就是里程表上显示的里程数。车辆表显里程越长,表明车辆的损耗越多,行驶里程在一定程度上也反映了车辆的成新率。

1.3 新车购买价

同款车型若其新车购买价不一样则说明车型之间的配置不一样,二手车配置高低对二手车的剩余价格评估有着直接影响;同时如果新车购买价格稳定很少有降价销售的情况则说明该车的保值率较高且稳定受市场追捧。

1.4 外观

二手车的外观对二手车消费者有着直接的影响力,甚至会直接导致消费者做出购买决策;二手车的外观这一带有“感性”色彩的影响因素是二手车价格评估中不应该忽略的重要组成部分。

1.5 舒适性

二手车的舒适性可以体现出其生产制造水平,同时也能反映二手车的之前的工作状况的好坏。

1.6 操控

二手车的操控水平对于的二手车的的价格影响主要在于反映车辆的生产制造水平以及车辆是否进行过大修。

1.7 维护保养

维护保养在二手车价格评估中反映车辆的技术状况是否维持在较好水平。车辆的维护保养表征车辆维护修理、零部件更换的参数。车辆使用、维护水平不同，会直接影响车辆的使用寿命，严格按照要求维护的车辆会有较好的车况。

1.8 综合油耗

二手车的综合油耗代表二手车的车辆技术状况，二手车的综合油耗低代表车辆的技术状况、动力性和经济性能保持在较好水平。

1.9 车型保有量

车型保有量可以反映车型在市场上的畅销程度，同时若车型保有量大相应的其保值率相对较高且对后期维护保养方便零配件获取容易。

1.10 车辆可靠性

车辆可靠性主要由整体质量、动力及变速器系统质量、车身及内装质量、零配件质量共同影响。

1.11 车辆售后服务满意度

车辆售后满意度反映了用户在车辆使用过程中的满意程度，以及车辆在使用维护保养过程中能享受的服务品质，车辆售后服务满意度越高享受的服务质量越好；车辆售后服务满意度在以往的二手车价值的评估中往往容易被忽略，但是其对于二手车购买者确是一个附带的实惠。

2 二手车的评估与保值率的计算

2.1 数据采集

通过选用市场具有代表性的 7 款（迈腾 7 辆、凯美瑞 8 辆、雅阁 8 辆、天籁 8 辆、蒙迪欧 5 辆、迈锐宝 7 辆、索纳塔 3 辆）不同品牌的 46 辆 B 级轿车的现行市场价和当前的车辆参数如：车龄，当前行驶里程，新车购买价的数据，通过汽车之家平台的车型综合排行榜获得外观，舒适性，操控性，维护保养等评级数据以及该车型的油耗和保有量数据^[6]。车辆可靠性数据和车辆售后服务满意度数据则来自于 JD-POWER 发布的车辆可靠性排行榜^[7]。最后通过筛选后得到共计 506 个数据，并对样本数据进行了归一化处理。

2.2 数据归一化

数据归一化按式（1）进行归一化处理，保证所有数据在 -1~1。

$$y = \frac{(y_{\max} - y_{\min}) * (x - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})} + y_{\min} \quad (1)$$

式中 y 表示归一化后的值， y_{\max} ， y_{\min} 分别为某列中的最大值和最小值， x_{\max} ， x_{\min} 分别为某行中的最大值和最小值。

3 BP 神经网络模型

BP 神经网络采用基于梯度下降和误差反向传播的学习方法，其目标是使网络输出与训练样本的均方误差最小，具有自学习和推广概括的能力，特别适用于输入参量的预测问题，是目前较为成熟且应用最为广泛的人工神经网络。BP 神经网络存在易陷入局部极值，初始化权值和阈值随机性，稳定性差，隐含层的层数过多会导致网络收敛缓慢甚至不能收敛等缺点，但是 BP 神经网络具有很好的非线性映射能力，不需要具体的模型就能进行模型逼近拟合预测等功能^[8]，适合构建二手车这类多因素非线性预测评估模型。所以基于影响二手车评估价格的因素，本文提出基于 BP 神经网络的二手车评估价格影响因素研究预测模型，最后通过 BP 神经网络输入与输出之间的权重算法，计算出客观影响因素对二手车评估价格贡献度。

表 1 七款不同品牌的车型的 11 个影响因素表

车龄	当前里程数	新车购买价	外观	舒适性	操控	维护保养	综合油耗 (L)	车型保有量	车辆可靠性	车辆售后服务满意度
0.4	0.8	25.5	22	25	21	27	10.39	1407056	123	635
1.5	0.5	27.87	22	25	21	27	10.39	1407056	123	635
5.7	9.9	21.04	19	18	17	16	12.15	1271637	139	635
6.5	8.81	20.17	19	18	17	16	12.15	1271637	139	635
7.4	8.2	24.29	19	18	17	16	12.15	1271637	139	635
0.4	0.01	17.35	21	22	25	27	11.27	1305324	145	643
7.2	8.9	22.01	21	22	25	27	11.27	1305324	145	643
0.4	0.9	17.89	20	21	19	17	11.66	1071690	148	635
1.2	1.6	17.89	20	21	19	17	11.66	1071690	148	635
0.4	0.41	20.6	70	65	65	60	10.6	502979	143	648
1.1	1.3	27.77	70	65	65	60	10.6	502979	143	648
2.4	4.2	20.6	70	65	65	60	10.6	502979	143	648
3.7	8.95	21.7	20	15	15	15	10.4	422019	126	744
4.5	10.55	22.78	20	15	15	15	10.4	422019	126	744

3.1 BP 神经网络的模型结构

BP 神经网络的拓扑结构包括三层，分别为输入层、隐含层和输出层，BP 神经网络模型一般采三层的前馈网络模型，模型计算输出式如（2）所示。

$$y = f(\sum_{k=1}^l b_k w_{kj} - \theta_j) \quad (2)$$

式中： b_k 是输入层到隐含层的激活值， w_{kj} 是连接权系数，初始时刻为一组给定的随机小量； θ_j 是网络训练输出层单元阈值； $f(u_k)$ 取 Sigmoid 函数如下式所示。

$$f(u_k) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3)$$

隐含层节点数选取是建立一个好的神经网络模型的关键，节点数太少网络训练次数增加，预测精度不高，而节点数太多，训练时间过长网络容易出现过拟合的情况，一般节点 l 按下式选择。

$$l = \sqrt{n + m} + a \quad (4)$$

式中: n 为神经网络输入节点数, m 为神经网络输出节点数, a 为 0 到 10 之间的常数^[9]。

3.2 BP 神经网络的结构相关参数确定

理论上,一个 S 型隐含层加上一个线性输出层的 3 层 BP 神经网络,能够逼近任何函数^[9]。基于 BP 神经网络二手车评估价格影响因素构建一个 3 层神经网络模型,输入层为 11 个客观影响因素参量,节点数为 11;输出层为二手车预测价格,节点数为 1。结合隐含层节点数选择公式(4)确定隐含层节点数范围为 4~14,并通过试验选定隐含层节点数为 11。最终构建的网络拓扑结构为如图 1 所示。

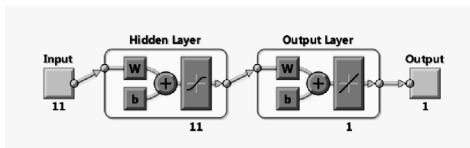


图 1 BP-11 评估价格模型网络拓扑图

根据搭建好的网络结构利用 MATLAB 神经网络工具箱导入归一化后的输入数据和目标数据并设置相关训练参数进行训练。训练结果如图 2 所示,训练迭代到 421 次时 MSE(均方误差)达到最小值 (1×10^{-10}) 此时的动量因子为 1×10^{-9} ,通过如图 3 所示的相关性散点图可以看出模型拟合的 R 值线性相关度均在 90% 以上充分证明了该模型很好的映射了 11 个因素和二手车评估价格和保值率的关系。图 4 所示为预测至于当前值的拟合图,从拟合图的走势可以看出预测值与当前值基本一致。

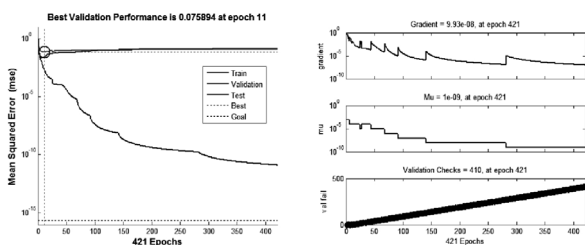


图 2 BP 神经网络训练迭代图

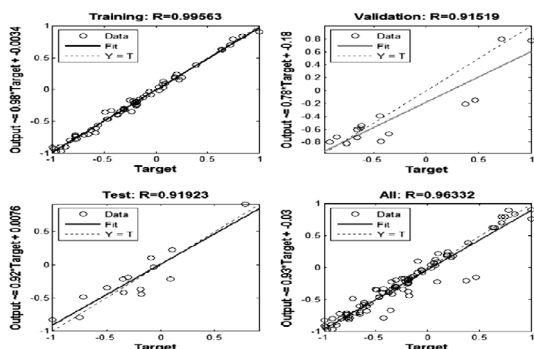


图 3 综合相关系数图

3.3 BP 神经网络预测误差分析

由图 5 可以看出预测误差绝对值最大为 3.45 万元,预测误差绝对值最小为 0.0033 万元;预测价格高于评估价格的占

比为 52%,预测价格低于评估价格占比为 48%。而图 6 预测误差范围图显示了预测价格与评估价格的误差范围分布情况,从图 7 中可以看出预测价格误差在 (0, 0.5) 即预测价格高于评估价格在 5000 元以内的占比为 37%,预测价格误差在 (-0.5, 0) 即预测价格低于评估价格在 5000 元以内的占比为 20%,预测误差在 (-1, -0.5) 即预测价格低于评估价格在 5000~10000 元之间的占比 15%,预测误差在 (0.5, 1) 即预测价格高于评估价格在 5000~10000 元之间的占比 6%;预测价格达到 10000~40000 之间的车型数量有 10 辆占比为 22%。

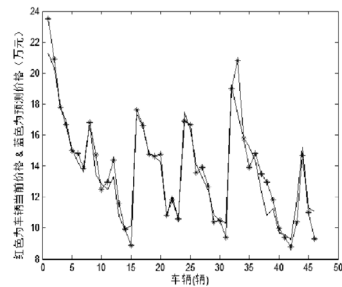


图 4 预测价格与当前价格拟合图

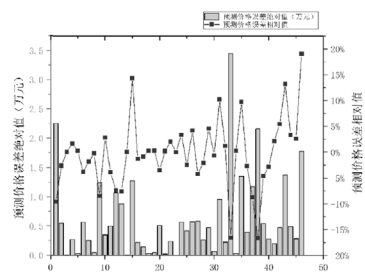


图 5 预测价格与当前评估价格误差绝对值与相对值

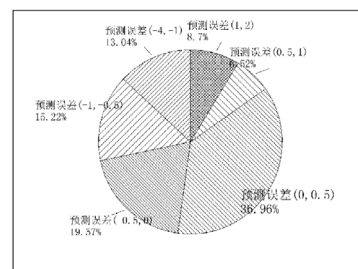


图 6 预测误差范围分布图

通过对预测误差在 10000~40000 元之间的车型进行单独分析发现导致误差偏大的原因:

(1) 车龄较短,里程较长,预测价格高于当前评估价格,说明预测模型能更好的反映二手车价格变化的非线性过程同时也反映车龄对评估价格的影响较大。

(2) 车龄短,里程短,预测价格低于当前评估价格,说明该车可能面临停产或者更新换代导致准新车价格贬值较大。

(3) 通过神经网络预测得出的价格与评估价格出现的差

值恰恰说明神经网络在考虑更多因素的情况下遵循神经网络训练的规律对二手车评估价格的修正。

3.4 BP 神经网络模型权重计算方法

BP 神经网络模型有输入层节点、隐含层节点和输出层节点组成，通过训练数据从而使模型逼近函数模型各层节点之间相互连接，而每一个连接都有一个连接权值。权值的大小代表了客观输入量对输出量的相关程度的大小；对于二手车的剩余价值评估而言各个输入参量权重大小代表着与主观评估价格高低的相关程度。1991 年 Garson 提出了利用神经网络的连接权值计算输入参量对输出参量影响权重的方法^[10]，其数学计算方法如下：

$$I_j = \frac{\sum_{m=1}^{N_h} \left(\left(\frac{|\omega_{jm}^1|}{\sum_{k=1}^{N_i} |\omega_{km}^1|} \right) * |\omega_{mn}^2| \right)}{\sum_{k=1}^{N_i} \left\{ \sum_{m=1}^{N_h} \left(\left(\frac{|\omega_{km}^1|}{\sum_{k=1}^{N_i} |\omega_{km}^1|} \right) * |\omega_{mn}^2| \right) \right\}} \quad (5)$$

式中， I_j 为第 j 个输入参量对第 n 个输出参量的影响权重； N_i, N_h 为输入和隐含层节点数；

ω^1 为输入层到隐含层的连接权值， ω^2 为隐含层到输出层的连接权值，相应的下角标 j, m, n 为第几个神经元。如 ω_{jm}^1 为第 j 个神经元与隐含层第 m 个神经元的连接权值。由公式(5)中各个变量关系可见， I_j 值越大，影响权重比例越高，表示输入参数对输出的影响越大，从而求出各个影响因素对主观评估价格的影响权重^[9]。

3.5 二手车评估价格影响因素权重分析

通过 BP 神经网络训练得到的二手车剩余价格影响因素，输入层与隐含层之间的权值以及隐含层与输出层之间的权值见表 2。得出网络权值后通过公式(5)计算得出个输入参量即 11 个影响因素对评估价格的影响权重值，其柱状图如图 7。

表 2 输入层节点与隐含层节点之间权值

隐含层节点	输入层节点										
	车龄	当前里程数	新车购买价	外观	舒适性	操控	维护保养	综合油耗	车型保有量	车辆可靠性	车辆售后服务满意度
1	0.2505	0.4171	0.45528	0.29827	0.17762	0.07166	1.2121	0.00992	0.53988	0.01767	0.51312
2	0.5604	0.4061	0.4841	1.3835	0.66095	0.06204	0.0801	0.84172	0.15972	0.72054	0.71585
3	0.4881	0.7644	0.659	0.79462	0.6249	0.46107	0.2329	0.46664	0.14558	0.19253	0.40801
4	0.9518	1.221	1.5694	0.58081	0.49779	0.07540	0.0931	0.28494	1.5402	0.757	0.44308
5	0.3964	0.5233	0.68859	0.43622	0.243	0.18859	0.5336	0.36507	0.39174	0.63465	1.3112
6	0.3075	0.5529	0.34245	0.58708	0.52965	0.35161	0.5325	0.28357	0.10619	0.83724	0.50596
7	0.1479	0.4713	1.6067	0.16034	0.48724	0.4451	0.2209	0.24657	0.67478	0.64887	0.5539
8	1.5961	0.6973	0.67796	1.4118	1.2228	0.2441	0.3093	1.2586	0.60548	0.69946	1.3988
9	0.1328	0.9990	0.74586	0.45496	0.55948	0.35398	0.0125	0.07567	0.81571	0.47007	0.80004
10	0.8584	0.7148	1.0397	0.49647	0.0193	0.28367	0.6750	0.10472	0.2889	0.33159	0.60499
11	0.7238	0.7491	1.0405	0.46618	0.15156	1.2797	0.1110	0.3748	0.04138	0.36744	0.75718
输出层节点	隐含层节点										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
预测价格	0.8717	0.4166	0.25869	0.4348	0.5488	0.31175	0.3647	1.3014	0.083192	0.65472	1.0515

通过分析 BP 神经网络各网络输入层与输出层之间的权值，计算得出 11 个影响因素对二手车的评估价格的影响权重，由图 7 所示可知二手车评估价格主要受综合油耗（20.66%）、车辆售后满意度（16.7%）、车龄（13.84%）、车辆可靠性（10.4%）、舒适性（8.71%）、外观（6.91%）、当前里程数（6.62%）七个因素影响，七个因素权重共计 83.84%，其余因素对二手车评估价格影响权重较小。

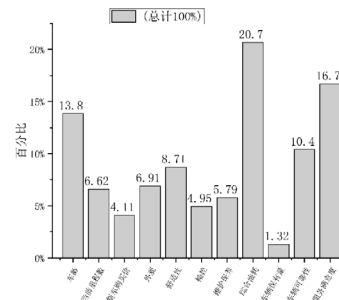


图 7 各影响因素对评估价格的权重

3.6 评估模型重构

将对二手车评估价格有重要影响的综合油耗、车辆售后满意度、车龄、车辆可靠性、舒适性、外观、当前里程数 7 个因素作为输入量，预测价格作为输出，重新构建 BP 神经网络二手车评估价格模型。网络拓扑结构如图 8 所示。11 因素输入模型与 7 因素输入模型的预测结果对比图如图 9 所示。

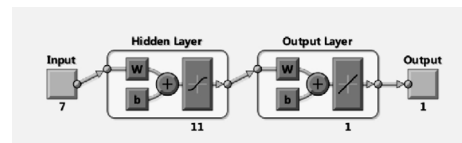


图 8 BP-7 评估价格模型网络拓扑图

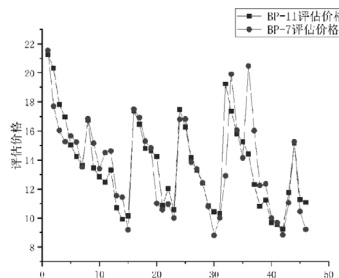


图 9 预测结果对比图

可以看出，两种模型预测结果基本一致且 Pearson 相关性系数为 0.83。这说明 BP 神经网络二手车价格评估模型可由综合油耗、车辆售后满意度、车龄、车辆可靠性、舒适性、外观、当前里程数 7 个影响因素来描述，其他影响因素排除在模型之外。在对二手车价格评估时只需考虑综合油耗、车辆售后满意度、车龄等 7 个因素就能达到满意的效果，无需考虑其他多个因素的影响，减少了不必要因素带来的干扰并提高评估效率为二手车

(下转第 67 页)

升上盖、提升杆、提桶轨道、挡桶机构及液压系统的设计要点和注意事项进行了论述，并分析了四种提桶机构的优势及劣势。为自装卸式垃圾车拉杆式提桶机构的选型应用及后续改进优化提供了借鉴。

参考文献

[1] 简溪金.自装卸式垃圾车拉杆式提升机构的理论分析[J].专用车,

2017(08):102-105+108.

[2] 王红军.自装卸垃圾车拉杆式提升机构上盖的设计要点[A].河南省汽车工程学会.自主创新、学术交流——第十届河南省汽车工程科学技术研讨会论文集[C].河南省汽车工程学会:河南省汽车工程学会,2013:2.

[3] 周桦林.挤压式垃圾自装卸车的设计研讨[J].专用汽车,1987(03):15-16.

(上接第 63 页)

价格评估提供了新的方法。

4 结论

对二手车保值率影响因素进行客观因素分析，提出基于 BP 神经网络二手车保值率预测模型。与传统评估方法相比 BP 神经网络预测模型具有评估全面，客观贴近市场避免了人为评估主观影响并且 BP 神经网络预测模型相关系数达到 0.96，表明 BP 神经网络能准确反映二手车评估价格与影响因素间复杂非线性关系，建立高效客观的二手车预测模型降低了人为主观因素影响，为二手车价格评估提供了新的方法。通过神经网络权重计算结果表明：二手车评估价格主要受综合油耗、车辆售后满意度、车龄、车辆可靠性、舒适性、外观、当前里程数 7 个客观因素影响较大，其他参数影响较小可排除在评估模型外。研究结果对二手车价格评估提供了依据。

参考文献

[1] 徐震宇.重置成本法中二手车成新率的计算[D].安徽工业大学,

2016.

[2] 周亮.基于可比影响因素及筛选方法的二手车价格研究[J].信息系统工程,2011(04):131+139.

[3] 胡宁,陈志恒,贾建胜,王悦.二手车价格评估方法研究[J].上海汽车,2005(12):16-19.

[4] 冯秀荣,王斌.影响二手车价值的因子分析[J].商业研究,2008(02):102-105.

[5] 林艺琳,陈荣章.基于层次分析法确定二手车剩余价值的研究与探讨[J].上海汽车,2010(12):50-54.

[6] <https://www.autohome.com.cn> 汽车之家口碑排行榜.

[7] <https://www.jdpower.com>.

[8] 肖会敏,侯宇,崔春生.基于 BP 神经网络的 P2P 网贷借款人信用评估[J].运筹与管理,2018,27(09):112-118.

[9] 高印寒,唐荣江,梁杰,赵彤航,张澧桐.汽车声品质的 GA-BP 神经网络预测与权重分析[J].光学精密工程,2013,21(02):462-468.

[10] 施全,柳培海,郭栋,易鹏.变速器啸叫声品质的 RBF 神经网络预测与权重分析[J].振动与冲击,2017,36(06):175-180+200.