

机器学习优化汽车零部件质量对老年人出行安全福利的研究

邢浩然 石广盛 徐凤喜 张家宇 王浩然

上海工程技术大学, 上海松江区, 201620;

摘要: 本研究探讨机器学习优化汽车零部件质量对老年人出行安全福利的影响。随着我国人口老龄化加剧, 养老金缺口压力持续扩大, 老年人的生活质量与社会保障支出紧密关联。提升其出行安全性, 有助于降低意外伤害引发的医疗与照护负担, 间接缓解养老体系财政压力。通过应用机器学习技术优化关键零部件质量, 可显著提升车辆安全性能, 减少交通事故风险。研究表明, 技术赋能的产品质量升级不仅保障了老年群体的出行权益, 也为构建可持续的养老保障生态提供了跨领域支持, 具有重要的社会价值与政策意义。

关键词: 养老金缺口; 机器学习; 汽车零部件质量; 老年人出行安全; 社会保障可持续性

DOI: 10.64216/3080-1508.25.12.040

1 引言

1.1 背景介绍

随着我国人口老龄化加深, 老年人口规模持续扩大, 其社会参与和出行需求日益增长, 出行安全成为影响生活质量与生命健康的关键因素。老年人因生理机能退化、反应能力下降, 在交通环境中更为脆弱, 事故后果往往更严重。保障其出行安全, 是建设老年友好型社会的必然要求。汽车作为重要交通工具, 其安全性高度依赖零部件质量。制动系统、轮胎、灯光、安全气囊等关键部件的可靠性, 直接影响车辆稳定性与事故预防能力。因此, 提升零部件质量是从源头降低交通事故风险、保障老年人出行安全的重要途径。

1.2 研究目的和意义

本研究旨在探讨优化汽车零部件质量对提升老年人出行安全的影响, 分析高质量零部件在减少事故、减轻伤害方面的作用。通过评估零部件性能与安全的关联, 揭示其对老年群体的特殊保护价值。随着老年人驾乘比例上升, 保障其出行安全有助于提升生活自主性与幸福感, 减轻家庭与社会照护负担。推动零部件质量升级, 亦可促进汽车产业技术进步与标准完善, 实现安全与发展协同。研究成果可为制定老年友好型交通政策提供依据, 具有重要现实意义。

1.3 研究方法和数据来源

本研究引入机器学习技术, 构建预测模型识别影响交通安全的关键零部件因素。采用随机森林、支持向量机等监督学习算法, 分析历史交通事故中的模式, 挖掘零部件故障与事故严重性的关联。数据来源于国家交通

管理部门事故报告、车辆年检与召回记录、保险理赔及消费者投诉等多源信息。经清洗、标准化和特征工程处理后, 重点提取涉及老年驾乘者的案例进行专项建模, 增强研究针对性与实用性。

1.4 研究框架与预期贡献

研究围绕“零部件质量—车辆安全性能—老年人出行风险”逻辑链展开。首先梳理影响安全的核心零部件, 评估其质量现状; 其次利用机器学习量化不同质量水平对事故概率与伤害程度的影响; 最后结合老年人特点, 提出质量优化建议。成果将为车企改进设计、监管部门完善标准、交通部门制定老年安全政策提供支持。同时推动交通安全、老龄化研究与智能数据分析的融合, 助力构建更安全、包容的出行环境。

2 文献综述

2.1 老年人出行安全的相关研究

随着我国人口老龄化加深, 老年人出行安全日益受到关注。研究表明, 老年人因反应迟缓、视听能力下降等生理退化, 在交通中更为脆弱, 事故伤亡率较高。其出行多为短距离生活性活动, 如买菜、就医, 常依赖步行、非机动车或公交, 对无障碍设施、信号灯时长、站点布局等有特殊需求。同时, 出行恐惧与独立性需求等心理因素也影响其行为。因此, 保障其安全需提升交通基础设施适老化水平, 并从交通工具本身的安全性能入手, 构建安全、便捷、包容的出行环境。

汽车是老年人重要出行工具, 零部件质量直接影响驾乘安全。制动、转向、照明等关键部件若存在缺陷或质量问题, 易引发事故。老年驾驶者应对突发状况能力

较弱，更依赖高可靠性零部件。研究指出，老化、材料疲劳、装配误差是主要安全隐患。因此，提升零部件的耐久性、稳定性和智能化水平，对降低事故风险、保障老年群体安全出行至关重要。

2.2 机器学习在汽车零部件质量优化中的应用

近年来，机器学习广泛应用于汽车制造质量控制。通过图像识别、异常检测等算法，可实现零部件表面缺陷、尺寸偏差的自动化检测，提升效率与准确性。例如，卷积神经网络（CNN）用于识别发动机裂纹，支持向量机（SVM）可分类刹车片质量等级。该技术减少人工误差，支持全过程数据追溯，为质量改进提供依据。

在设计阶段，机器学习结合仿真技术可预测零部件的强度、寿命与性能，优化结构与材料。通过数据驱动模型，工程师可在早期识别失效风险，平衡轻量化与安全性。例如，回归模型与强化学习有助于提升零部件可靠性。这些技术为开发高安全、适老化的汽车产品提供了有力支撑。

3 研究方法

3.1 数据收集和预处理

本研究将综合运用多源数据，确保研究的全面性与科学性。数据主要来源于国家统计局发布的年度统计公报、人力资源和社会保障部公布的养老保险基金运行数据、财政部公开的财政补贴与转移支付信息，以及各省市社会保障年度报告。此外，还将引入宏观经济指标（如GDP增长率、人均可支配收入、就业率）、人口结构数据（如老年人口占比、抚养比、预期寿命）和区域发展差异数据。数据类型涵盖时间序列数据（2000年至今的全国及分省面板数据）、横截面数据及结构化数据库，为后续建模提供坚实基础。

在数据预处理阶段，将对原始数据进行系统性清洗，包括处理缺失值、异常值识别与修正、统一统计口径与时间频率。针对不同地区统计标准不一的问题，采用标准化与归一化方法进行调整。同时，开展特征工程，构建复合指标，如“养老金收支比”“财政补贴依赖度”“人口老龄化压力指数”等，以增强模型解释力。通过主成分分析（PCA）等降维技术提取关键影响因子，提升模型训练效率与准确性。

3.2 机器学习模型的构建和评估

本研究拟采用多种机器学习算法进行比较分析，包

括随机森林（Random Forest）、支持向量机（SVM）、梯度提升树（XGBoost）及长短记忆网络（LSTM）等，以捕捉养老金缺口的非线性关系与动态演化趋势。针对不同模型特点，运用网格搜索（Grid Search）与交叉验证（Cross-Validation）方法优化超参数，提升模型泛化能力。特别是LSTM模型将用于时间序列预测，以评估未来10-20年养老金缺口的演变路径。

模型性能将通过多种指标进行综合评估，包括均方误差（MSE）、平均绝对误差（MAE）、决定系数（R²）等回归指标，并结合经济可解释性进行判断。采用训练集-测试集分割与k折交叉验证确保模型稳健性。最终通过模型集成（Ensemble Learning）方法融合多个模型预测结果，提高预测精度。同时，开展敏感性分析，检验关键变量（如生育率、退休年龄、投资收益率）变动对养老金缺口的影响程度，为政策模拟提供量化支持。

4 实证分析

着老龄化进程的加速，老年人的生活质量与社会参与度日益成为社会保障体系不可忽视的延伸问题。在此背景下，老年人出行安全作为提升其生活福祉的重要环节，与公共安全、长期护理成本乃至社会保障支出密切相关。若老年人因交通事故导致健康受损，将直接增加医疗与照护的财政负担，间接加剧养老金及社保基金的支出压力。因此，从广义社会保障视角出发，提升老年人出行安全性，实质上也是缓解未来社保体系压力的重要预防性举措。

在这一逻辑下，汽车零部件质量作为影响道路交通安全的基础因素，与老年人出行风险存在潜在关联。通过对历史交通事故案例与车辆故障数据的梳理分析，可以识别出制动系统、灯光装置、轮胎等关键零部件失效对事故发生的贡献程度。进一步结合老年人反应能力较弱、出行时段集中等特点，探讨低质量零部件在复杂交通环境下对老年群体的特殊风险，有助于揭示产品安全与弱势群体保护之间的深层联系。

为提升零部件质量控制水平，本研究引入机器学习方法对生产过程中的缺陷检测与故障预测进行建模。通过训练分类算法识别潜在的质量隐患，实现从被动应对向主动预防的转变。模型预测结果显示，相较于传统质检手段，机器学习在异常识别的准确率和响应速度上均有明显提升，能够有效降低不合格产品流入市场的概率。

最后，对优化前后的质量控制效果进行综合评估与

对比,发现智能化手段不仅提高了零部件的可靠性,也增强了整车安全性能。这不仅有助于减少交通事故、保障老年人安全出行,更从长远角度降低了因事故引发的社会保障支出压力,为构建更加稳健、可持续的养老与社会保障体系提供了跨领域的支持路径。

5 结果与讨论

本研究通过构建机器学习模型对汽车零部件质量进行优化,结果表明,该技术能够显著提升关键安全部件缺陷识别的准确率与响应效率。模型预测结果显示,制动系统、转向装置及电子稳定系统等核心零部件的潜在故障风险在智能化监测下得以提前预警,大幅降低了因零部件失效导致的交通事故发生概率。这一技术突破不仅提升了整车安全性能,更为保障高龄驾驶者及老年行人的出行安全提供了坚实的技术支撑。

进一步分析发现,零部件质量的提升与老年人出行安全之间存在显著正向关联。老年人由于生理机能退化,在应对突发交通状况时反应时间较长,对车辆安全性能的依赖程度更高。高质量的汽车零部件能够有效缩短制动距离、增强操控稳定性,从而降低老年人在驾驶或过街过程中遭遇事故的风险。这种安全性的提升,直接减少了因交通事故导致的老年群体伤残或失能情况,有助于维护其独立生活能力,减轻家庭照护负担。

从社会保障的宏观视角看,减少老年人交通事故伤害具有深远的财政意义。一旦老年人因事故致伤,将不可避免地增加医疗支出、长期护理需求以及对养老金之外的社会救助依赖,这在人口老龄化加剧、养老金收支压力日益凸显的背景下,无疑会进一步加重公共财政负担。因此,通过技术手段提升出行安全,实质上是一种“预防性投入”,能够有效延缓或避免后续高昂的社会保障支出,为缓解养老金缺口问题提供间接但可持续的支持路径。

综上,本研究揭示了智能制造技术与社会福利体系之间的跨领域协同潜力。未来,随着机器学习在汽车制造中的深入应用,零部件质量控制将更加精准高效,不仅推动产业升级,更将在提升老年群体生活质量、降低社会运行成本方面发挥重要作用,为构建更加安全、公平、可持续的养老保障生态提供新思路。

6 结论与建议

本研究得出,通过机器学习技术优化汽车零部件质量,能够显著提升车辆的安全性能与可靠性,尤其在制

动、转向等关键系统中有效降低故障率。这一技术进步对老年人出行安全具有积极影响,因其生理特点更依赖于高安全标准的交通工具。高质量的汽车零部件减少了交通事故的发生风险,降低了老年人因意外受伤而导致的失能概率,从而在源头上减少了对长期照护服务和医疗资源的过度依赖。从社会保障体系的可持续性角度看,这种以技术预防为核心的策略,有助于减轻未来公共财政在养老、医疗和护理方面的支出压力,间接缓解养老金收支失衡带来的系统性风险。

基于上述结论,建议进一步深化机器学习在汽车制造质量控制中的应用研究,推动其在中小零部件企业中的普及与标准化。同时,应由政府主管部门牵头,制定针对老年友好型交通环境的汽车安全技术标准,强化对关键零部件的质量监管与认证体系。鼓励车企研发适老化安全技术,并纳入产业支持政策。通过提升交通本质安全水平,不仅保障老年人安心出行,更从长远角度降低社会运行成本,为应对人口老龄化挑战、完善多层次养老保障体系提供跨领域支撑,助力实现经济可持续发展与社会福祉提升的双重目标。

参考文献

- [1] 焦盼. 我国人口老龄化背景下城镇职工基本养老金缺口预测及对策研究[D]. 中共北京市委党校, 2025. DOI: 10.27471/d.cnki.gzgbd.2025.000034.
- [2] 杨薇薇. 基于机器学习的汽车驾驶行为分析与风险评估[J]. 汽车电器, 2025, (10): 35-37. DOI: 10.13273/j.cnki.qcdq.2025.10.043.
- [3] 姚海棠, 张汝峰. 基于质量链的汽车零部件PFMEA创新应用[J]. 汽车制造业, 2025, (05): 64-68. DOI: CNKI:SUN:QCZC.0.2025-05-017.
- [4] 岳心怡, 沈永俊, 周穆雄, 等. 人口老龄化背景下老年人驾驶出行调查与法律应对[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2023, 25(S1): 169-173. DOI: CNKI:SUN:DNDS.0.2023-S1-035.
- [5] 龚灵枝. 中国人口老龄化对财政可持续性的影响及应对路径研究[D]. 云南财经大学, 2025. DOI: 10.27455/d.cnki.gycmc.2025.000013.

作者简介: 邢浩然(2006.08—), 性别: 女, 民族: 汉族, 籍贯: 辽宁省, 单位名称: 上海工程技术大学, 学历: 本科, 职称: 学生。

“上海工程技术大学大学生创新创业训练计划项目资助”。