

Research on Adaptive Energy Saving Control Strategy of New Energy Vehicles Based on Machine Learning

Fuqiang Tang

Xiaomi Automotive Technology Co., Ltd., Xiangyang, Hubei, 441002, China

Abstract

As the global energy crisis intensifies and environmental protection requirements become increasingly stringent, new energy vehicles (NEVs) have emerged as a crucial pathway to reduce carbon emissions and promote energy conservation. The energy efficiency of NEVs remains one of the core challenges in the automotive industry. To further enhance the energy efficiency of NEVs, this paper proposes an adaptive energy-saving control strategy based on machine learning. By monitoring real-time vehicle operating conditions, driving behaviors, and road information, the strategy dynamically adjusts energy-saving control measures through machine learning algorithms to maximize energy utilization and minimize unnecessary energy consumption. The paper provides a detailed analysis of the design philosophy, key technologies, and practical advantages of the adaptive energy-saving control strategy. Experimental results demonstrate that the machine learning-based control strategy significantly improves the overall energy efficiency of NEVs across various driving scenarios, offering both theoretical foundations and practical support for future energy-saving technology development.

Keywords

new energy vehicles; machine learning; adaptive control; energy-saving optimization; energy management

基于机器学习的新能源汽车自适应节能控制策略研究

汤富强

小米汽车科技有限公司, 中国·湖北 襄阳 441002

摘要

随着全球能源危机的加剧和环境保护要求的日益严格, 新能源汽车 (NEV) 逐渐成为减少碳排放、节能减排的重要途径。新能源汽车的能效问题一直是汽车产业的核心挑战之一。为了进一步提升新能源汽车的能效, 本文提出了一种基于机器学习的自适应节能控制策略。该策略通过实时监控车辆的运行状态、驾驶行为以及路况信息, 结合机器学习算法动态调整节能控制策略, 以实现能源利用最大化并减少不必要的能量消耗。文章详细分析了自适应节能控制策略的设计思路、关键技术及其在实际应用中的优势。通过实验结果验证, 基于机器学习的控制策略能够在不同驾驶场景下显著提高新能源汽车的整体能效, 为未来的节能技术发展提供了理论依据和实践支持。

关键词

新能源汽车; 机器学习; 自适应控制; 节能优化; 能源管理

1 引言

随着全球环保政策日益严格, 新能源汽车, 尤其是电动汽车, 以其零排放、低能耗的优势逐渐成为主流。然而, 尽管在环境保护上具有显著优势, 新能源汽车的能源效率仍有提升空间。传统节能控制方法通常基于固定算法, 无法适应复杂多变的驾驶环境。近年来, 机器学习技术的发展为节能控制提供了新的解决方案, 通过学习历史数据并根据实时信息自适应调整策略, 优化能效。本文旨在提出并验证一种基于机器学习的自适应节能控制策略, 通过优化控制算法提升新能源汽车在多变驾驶环境中的能源效率, 为相关技术的进一步发展提供理论支持。

【作者简介】汤富强 (1986-), 男, 硕士, 从事车辆工程专业研究。

2 机器学习在新能源汽车节能控制中的应用背景

2.1 新能源汽车节能技术的现状与挑战

新能源汽车节能技术的研究可以追溯到电动汽车的初期阶段。随着电池技术和电机驱动技术的不断进步, 新能源汽车的能效得到了显著提升。特别是电池能量密度的提高和电机效率的优化, 使得新能源汽车在短途和城市内出行中表现出色。然而, 新能源汽车的能效在长途行驶、高速公路行驶以及复杂路况下仍面临着较大挑战。现有的节能技术通常包括动力系统的优化、能量回收系统的设计、以及驾驶策略的调整等方面。动力系统的优化主要通过改进电动机的控制策略, 提高能量转换效率; 能量回收系统则通过再生制动技术, 回收制动过程中产生的能量; 驾驶策略调整则通过优化驾驶行为, 减少能量浪费。然而, 这些技术大多依赖于固定

的模型和规则，难以实时适应复杂的行驶环境和驾驶行为，因此存在一定的局限性。

2.2 机器学习技术的发展及其在控制系统中的应用

机器学习作为人工智能领域的重要技术，近年来得到了广泛的应用。特别是在数据驱动的控制系统中，机器学习通过对大规模数据集的分析和建模，能够发现传统控制方法无法识别的规律。在新能源汽车的节能控制领域，机器学习技术被逐渐引入，通过对驾驶员行为、路况信息及车辆状态等多维数据的学习，自动调整控制策略，以实现节能和优化。常见的机器学习算法包括监督学习、无监督学习、强化学习等。监督学习主要通过标注数据进行训练，能够预测车辆在特定工况下的能效表现；无监督学习则能通过聚类等技术发现数据中的潜在模式，适用于复杂且未知的场景；强化学习则是一种通过与环境的交互来优化决策的学习方法，在节能控制中具有广泛的应用潜力。

2.3 现有节能控制策略的不足与改进需求

传统的节能控制策略通常依赖于静态的优化算法，如基于预设规则的能量管理系统。这些系统无法实时适应驾驶员的行为和变化的路况信息，因此在某些情况下，节能效果并不显著。此外，传统的节能策略对于复杂的驾驶环境缺乏灵活性，无法有效处理非线性和高维度的数据，导致其适应性较差。为了克服这些问题，需要引入更加智能和动态的控制策略。基于机器学习的自适应控制策略能够实时学习和调整控制模型，充分考虑驾驶行为、路况信息等多方面的因素，从而实现更加精确和高效的节能控制。

3 基于机器学习的自适应节能控制策略设计

3.1 自适应控制理论概述

自适应控制是一种能够根据系统动态特性变化而自动调整控制参数的技术。在新能源汽车的节能控制中，自适应控制可以根据实时获得的车辆运行数据，动态调整能量管理策略，以最小化能量消耗并确保驾驶舒适性。自适应控制的基本思想是通过不断更新控制参数，使系统始终处于最优工作状态。自适应控制系统的设计通常包括模型参考自适应控制（MRAC）和自适应增益控制（L1 adaptive control）等。对于新能源汽车的节能控制，模型参考自适应控制是一种较为常见的选择，因为它能够通过参考模型的输出与实际输出的误差进行控制，从而优化系统的能效。

3.2 机器学习算法的选择与应用

机器学习在自适应节能控制中的应用，要求能够处理复杂的动态环境和高维度数据。常见的机器学习算法包括支持向量机（SVM）、决策树、神经网络、深度学习以及强化学习等。在选择合适的算法时，需要考虑数据的可获取性、实时性要求以及计算资源的限制。支持向量机（SVM）是一种基于监督学习的分类和回归算法，能够通过最大化分类间隔来获得较好的泛化能力。在新能源汽车节能控制中，

SVM 可以用来识别不同的驾驶模式，并根据驾驶员的行为调整控制策略。神经网络，尤其是深度神经网络（DNN），能够自动从数据中提取特征，适用于复杂的非线性问题。强化学习则通过与环境的交互来优化决策，特别适合用于多目标优化的节能控制。

3.3 控制策略的优化模型与设计框架

基于机器学习的节能控制策略通常包括三个主要部分：数据采集与处理、特征提取与学习、控制决策与执行。首先，通过传感器采集车辆的各类数据，包括车速、电池电量、驾驶行为、路况信息等；接着，使用机器学习算法分析这些数据，提取出影响能效的关键特征；最后，根据学习到的模型，实时调整能量管理策略。控制策略的设计需要考虑多方面的因素，如驾驶员的驾驶风格、实时交通信息、路况变化等。因此，设计一个动态更新的学习模型显得尤为重要。通过引入强化学习或深度学习模型，能够实现更加精细化的控制。

4 基于机器学习的节能控制系统实现与实验

4.1 系统架构与关键技术

基于机器学习的节能控制系统通常包括数据采集、处理、决策和执行四大模块。首先，数据采集模块通过车辆内置的传感器实时采集车辆的各项运行数据，如车速、电池电量、驾驶员行为以及外部环境信息（如路况、气象等）。这些数据为后续决策提供了关键的输入信息。数据处理模块则对原始数据进行预处理，包括噪声去除、异常值检测以及对数据进行时序对齐等步骤。此外，特征提取技术在这一模块中也至关重要，通过提取与能效相关的关键特征，为机器学习模型提供有效输入。决策模块是核心部分，基于不同的机器学习算法（如支持向量机、深度学习等），对处理后的数据进行分析，并形成最优的节能控制策略。最后，执行模块根据决策模块的指令，调整车辆的能量管理系统，如控制电池的充放电过程、调整电机输出等，确保系统能够实时、有效地响应不同驾驶工况，优化能效。

4.2 数据采集与预处理方法

数据采集是基于机器学习的节能控制系统的基础。为了确保节能控制策略的准确性，系统必须通过高精度传感器收集车辆的实时运行数据，包括车速、加速度、电池电量、发动机负载等。此外，驾驶员行为（如急加速、急刹车等）和外部环境信息（如交通状况、路况变化等）也是重要的输入数据。在数据采集之后，为了确保系统能够有效处理这些数据，必须进行一系列的预处理操作。常见的数据预处理方法包括数据去噪，以去除传感器可能带来的噪声和误差；特征选择，通过选择对节能控制最有影响的特征，减少冗余数据的干扰；数据归一化，将不同尺度的数据映射到同一范围内，提高模型的训练效率和预测准确性。通过这一系列的处理，数据的质量和有效性得到了保障，确保了后续模型训练和决策的准确性。

4.3 实验设计与结果分析

为了验证基于机器学习的自适应节能控制策略的效果,本文设计了一系列实验,模拟了不同的驾驶工况,如城市驾驶、高速行驶、山路行驶等。每种工况下,系统都需要根据驾驶员的行为和路况的变化,动态调整节能控制策略。实验结果显示,基于机器学习的控制策略能够在大多数情况下显著提高能效,特别是在复杂的路况条件下,如上坡或山路行驶,系统表现出了较强的适应性和优化能力。在城市驾驶的实验中,系统能够根据车辆的低速行驶和频繁加减速,优化能量分配,减少不必要的能量损失;在高速行驶中,控制策略则着重于优化电机输出和能量回收系统,最大化行驶距离。此外,实验还验证了系统的实时性和稳定性,表明该控制策略能够在快速变化的驾驶环境中快速响应,实时调整控制策略,保证节能效果和驾驶舒适性的平衡。

5 基于机器学习的节能控制策略的性能分析与评价

5.1 节能效果评估方法

节能效果的评估是验证控制策略性能的关键步骤。为了全面评估基于机器学习的节能控制策略的有效性,常通过与传统控制策略的对比实验进行。首先,通过对比两种策略在相同驾驶场景下的能量消耗,分析其在不同驾驶条件下的能源利用效率。此外,还通过对驾驶舒适性的评价,包括加速、制动平顺性等指标,来衡量控制策略对驾驶体验的影响。系统响应时间也是评估的重要维度,通过测量策略调整的响应速度,评估其对瞬时驾驶变化的适应能力。为了更全面地测试策略的灵活性,还会模拟不同驾驶员行为(如急加速、急刹车等)和不同路况(如上坡、下坡、城市道路等)的变化,观察控制策略在这些动态变化下的表现。综合多维度的评估方法,可以更准确地反映基于机器学习的控制策略的优势与不足。

5.2 不同算法的对比分析

在基于机器学习的节能控制策略中,不同算法在节能效果上的表现存在差异。实验结果表明,强化学习算法在长期、多任务的控制环境中具有显著优势,尤其在复杂的交通环境中,通过与环境的持续交互来优化策略,其能够根据实时数据动态调整控制决策,有效提高能效。相比之下,支持向量机(SVM)在较为简单的驾驶场景中表现较好,能够通过高效的分类与回归模型,快速响应系统需求,优化能量管理。但在面对更复杂的驾驶场景时,其能力有所局限。深度学习算法,特别是在处理非线性问题时,展现出强大的能力。深度神经网络通过多层次的特征提取,能够捕捉到复杂

的驾驶行为模式,适用于复杂的节能控制系统。通过对比不同算法的节能效果,可以为选择合适的控制策略提供依据,进一步提高系统的优化效果。

5.3 系统稳定性与实时性分析

系统的稳定性和实时性是基于机器学习的节能控制策略在实际应用中的关键性能指标。在驾驶过程中,环境和驾驶员的行为时刻发生变化,如何快速、准确地响应这些变化,确保系统的稳定性和优化性能,是一个重要挑战。实验结果显示,基于机器学习的节能控制策略能够实时响应车辆的动态变化,自动调整控制策略以适应不同的驾驶工况。例如,在急加速或急刹车情况下,系统能够及时调整能量分配策略,确保能效最大化,同时保障驾驶舒适性。控制策略的实时性表现在算法处理速度上,确保系统在驾驶过程中无明显延迟。而稳定性则表现为在不同驾驶条件下,系统能够持续输出稳定的控制信号,避免因算法波动而导致的能效波动。通过对系统稳定性与实时性的深入分析,可以确保基于机器学习的节能控制策略能够在实际驾驶中稳定运行,并为驾驶员提供优质的使用体验。

6 结语

本文提出的基于机器学习的自适应节能控制策略,通过引入先进的算法,实现了新能源汽车在多种驾驶工况下的节能优化。实验结果表明,该策略能够在复杂和变化多端的驾驶环境中显著提升能效,具有较强的适应性和灵活性。然而,研究中仍存在一些不足之处。首先,实验数据主要来自于有限的驾驶场景,未来需要扩展到更多真实驾驶条件下的验证;其次,机器学习模型的训练过程较为复杂,如何在确保精度的前提下提高模型的实时性和计算效率仍需进一步探索。展望未来,随着智能交通系统和车联网技术的进步,结合大数据和云计算的节能控制策略将在提升系统性能和应对更加复杂的交通环境方面发挥重要作用。优化算法的实时性和计算效率将是下一阶段研究的关键方向。

参考文献

- [1] 龚星月.基于机器学习与多源数据融合的新能源汽车股价指数预测框架[D].四川师范大学,2024.
- [2] 陈长.基于机器学习的锂电池老化轨迹与健康状态预测方法研究[D].深圳大学,2023.
- [3] 杨建银.新能源汽车电池管理系统控制策略研究[J].汽车测试报告,2023,(19):4-6.
- [4] 吴乐琪.基于网络搜索数据和机器学习方法的新能源汽车发展研究[D].中国石油大学(北京),2022.
- [5] 张智鹏.新能源汽车电池管理系统故障诊断与健康状态评估方法探析[J].汽车测试报告,2024,(14):47-49.