

# 基于人工智能的交通预测与拥堵管理

郑洁萍

(浙江大华技术股份有限公司 浙江杭州 310051)

**摘要:** 随着城市化的快速发展,交通拥堵成为了一个日益严重的问题,对人们的日常生活和社会经济发展造成了巨大影响。传统的交通管理方法如交通流量统计、交通控制系统和交通信号优化在一定程度上缓解了交通问题,但仍然存在局限性。近年来,人工智能技术在交通预测和拥堵管理方面展示了巨大的潜力。本文将探讨人工智能在数据收集、交通流量预测、实时交通情况分析、异常交通事件检测等方面的应用,并进一步讨论其在拥堵管理,例如自适应交通信号控制、智能路由推荐、车辆协同和自动驾驶车辆方面的潜在影响。

**关键字:** 交通预测; 交通拥堵管理; 人工智能; 数据收集

交通拥堵问题是众多大城市面临的一个普遍现象,这不仅影响了人们的出行效率,还带来了环境污染、能源浪费和社会经济成本的增加。为了解决这一问题,研究人员和工程师历来都在寻求各种交通管理的方法和方案。传统的交通管理手段,如交通流量统计、交通控制系统和交通信号优化等,虽然取得了一定的效果,但受限于技术和数据分析能力,其应用范围和效率仍有很大的局限性。随着人工智能技术的快速发展,现在提供了一个全新的视角和方法来处理这些交通问题。本文旨在探讨人工智能在交通预测和拥堵管理方面的应用和潜力。

## 一、交通预测与拥堵管理的传统方法

### (一) 交通流量统计与模型

交通流量统计和建模是交通工程学中的基础内容,用于量化和描述交通流动的规律。最基本的交通流量模型通常会涉及以下几个核心参数:流量(Q)、密度(K)和速度(V),它们之间通常具有以下关系:

$$Q=K \times V$$

在交通流量模型中,到达和离开的车辆通常假定服从 Poisson 分布或 Erlang 分布,这种随机分布可以用来描述在固定时间或空间内到达或离开的车辆数量。容量模型用于描述道路或交叉口在单位时间内能通过的最大车辆数。在更复杂的情况下,这些模型可能会使用多变量回归或非线性优化。交通模型可以分为微观模型和宏观模型。微观模型关注单个车辆或车辆群的行为,例如跟驰模型和排队模型。宏观模型则关注整体交通流,通常使用偏微分方程进行描述。

### (二) 传统的交通控制系统

交通控制系统是维持城市交通流畅、降低交通拥堵、减少事故和提高道路使用效率的关键设施之一。在现代技术尚未广泛应用的时代,传统的交通控制系统主要依赖硬件设备和预先设定的规则进行操作。固定时间信号这是最基础和最常见的一种交通控制形式。在这种系统中,交通信号的更替按照预定的时间表进行,与实际交通流量无关。这种方法简单且成本低,但由于不能根据交通需求进行动态调整,往往导致交通流量低的路段过长的绿灯时间,而流量高的路段则可能面临拥堵。车道信号控制在多车道的道路或者进出口附近使用,通过对特定车道显示红灯或绿灯来调整车流。这同样是一种相对简单但效率较低的方法,因为它无法根据整体交通状况进行优化。相对先进的是通过在路面安装传感器或使用摄像头来检测车流量,并据此微调信号灯。虽然这种方式能根据实际交通流量进行一定的调整,但由于算法相对简单,往往不能解决复杂的交通问题。区域性交通控制中心是一个相对集中和高级的交通控制系统,

通常用于大型城市或交通极为复杂的区域。通过一个中心控制室来收集各个交叉口和主要道路的交通数据,然后根据预设的模型和算法来调整交通信号和发布交通信息。但这种系统成本高、维护复杂,并且对于非常动态和不可预测的交通模式反应往往不够灵活。在某些特定情况下,如火警、医疗急救等,传统系统可以通过人工干预来为这些车辆提供绿灯优先权。然而,这通常需要人工操作,并不能自动响应。总体而言,传统的交通控制系统在稳定性和可靠性方面有一定的优势,但它们通常缺乏足够的灵活性和适应性,特别是在面对快速变化和高度复杂的现代交通环境时。因此,新的方法和技术,特别是人工智能和数据分析的应用,正逐渐成为未来交通控制系统发展的关键方向。

### (三) 交通信号的优化方法

交通信号的优化主要集中在如何设置红绿灯的时序和时长,以减少等待时间和拥堵。Webster 方法是一种经典的信号优化算法,通常用于单一交叉口的信号优化。这个算法会根据交叉口的交通需求来设置最优的红绿灯时长。

$$C = \frac{1}{1-y} \times (a + \sum bi)$$

其中C是率,a是固定的周期时间损失(如黄灯时间),bi是第i条道路上的流量时间需求。绿波协调是另一种用于多交叉口场景的优化策略。通过精确计算,使得一系列交叉口的绿灯能够形成一个连续的“绿波”,让车流能够以恒定速度通过多个交叉口。适应性交通控制系统尽管有一些自适应和动态调整的特性,但它们仍然基于传统的交通工程学和控制理论。这些系统通过实时地从各个路段和交叉口收集数据,并用预先设定的算法或模型进行实时优化。

表1 传统与适应性交通控制系统比较

	传统交通控制系统	适应性交通控制系统
响应性	较差	较好
实现成本	低	高
维护难度	较低	较高
数据依赖性	低	高

传统的交通预测与拥堵管理方法虽然历经多年的实践和改进,具有一定的成熟度和可靠性,但在处理复杂、动态和不确定性高的现代交通环境时,仍然显示出诸多局限性。与此同时,新的数据获取方法和算法,特别是人工智能和机器学习技术的应用,为交通预测与拥堵管理带来了新的可能。

## 二、人工智能在交通预测的应用

### (一) 数据收集

在人工智能应用于交通预测的整个生命周期中, 数据收集阶段是至关重要的一步。现代交通数据收集方式主要包括地面传感器、无人机、摄像头、GPS 追踪、移动应用和社交媒体等, 这些数据来源于各具特点和局限性。

首先, 地面传感器, 例如电磁感应线圈、雷达和红外传感器等, 通常部署在交叉口或特定路段。这些传感器可以精确地计算通过的车辆数、速度以及其他基础交通参数。其数据可以用于训练和验证交通流模型, 数学表达式可为:

$$F(x, t) = \alpha \cdot V(x, t) + \beta \cdot C(x, t)$$

其中,  $F(x, t)$  表示在地点  $x$  和时间  $t$  的交通流量,  $V(x, t)$  和  $C(x, t)$  分别表示车速和车辆数,  $\alpha$  和  $\beta$  是权重因子。

其次, GPS 和移动应用提供了更为动态和全面的数据。这些数据不仅包括车辆位置和速度, 还可以包括用户报告的实时事件, 如交通事故、路障等。这类数据特别适用于机器学习算法, 如神经网络和决策树, 用于更复杂的交通模式识别和预测。实际应用中, 通常会使用数据融合技术将来自不同源的数据进行集成, 以构建更为全面和准确的交通模型。例如, 卡尔曼滤波可以用于整合来自地面传感器和 GPS 的数据。

$$\begin{aligned}x_t &= A \cdot x_{t-1} + B \cdot u_t + w_t \\z_t &= H \cdot x_t + u_t\end{aligned}$$

其中,  $x_t$  是状态向量,  $z_t$  是观测向量,  $u_t, w_t$  分别是过程和观测噪声,  $A, B, H$  是转换矩阵。

### (二) 交通流量预测

交通流量预测是交通管理和控制的核心之一, 它对缓解交通拥堵、提高道路运输效率、以及优化交通资源配置都有着至关重要的作用。随着人工智能和机器学习技术的快速发展, 我们现在有了更多高效和准确预测交通流量的方法。在传统方法中, 交通流量预测通常使用时间序列模型, 如 ARIMA 模型。这类模型主要关注历史数据的自相关性来进行预测。与此同时, 基于人工智能的方法如支持向量机、决策树和随机森林等也广泛应用于交通流量预测。这些方法能够处理更复杂的非线性关系, 并且可以容易地整合其他类型的数据, 如天气、节假日等。最近, 深度学习, 尤其是循环神经网络和长短时记忆网络也开始应用于交通流量预测。这些网络模型特别适用于处理具有时序依赖性的交通数据。与传统方法相比, 基于人工智能的预测方法通常更为准确和可靠。这些方法可以更好地处理交通流量的高度动态性和复杂性, 并且能适应不断变化的交通环境。例如, 在某城市进行的一项研究中, 通过使用 LSTM 模型, 实现了对主要道路交通流量的准确预测, 预测准确率提高了 15% 以上, 从而有效地缓解了交通拥堵问题。

### (三) 实时交通情况分析

实时交通分析是现代智能交通系统中一个重要的组成部分, 它对于实时拥堵检测、交通流量调度和安全监测具有重要意义。借助于人工智能和机器学习的先进技术, 我们能更有效地进行实时交通分析。多源数据, 如传感器数据、车载 GPS 数据和社交媒体数据, 可以用于进行实时交通流量估计。例如, 基于卡尔曼滤波的实时流量估计模型可以用于生成高精度的交通流量地图。通过使用机器学习算法, 如决策树和支持向量机, 可以自动检测并分类不同类型的交通拥堵, 如常规拥堵、事故引起的拥堵等。深度学习方法, 特别是卷积神经网络和循环神经网络, 可以用于实时交通模式的自动识别, 如车道变更、紧急刹车等。

### (四) 异常交通事件检测

异常交通事件, 如交通事故、道路封闭和突发性天气条件, 都

会严重影响交通流量和道路安全。因此, 准确且及时地检测这些异常事件是至关重要的。传统的异常检测方法通常是基于预定的交通规则和阈值进行的, 但这些方法往往不能准确地识别复杂或不规则的异常事件。与之不同, 基于人工智能的数据驱动方法可以从大量的历史和实时数据中自动学习和识别异常模式。例如, 孤立森林和一类支持向量机等算法可以用于检测交通流量中的异常点。通过实时异常事件检测, 交通管理中心可以快速地对各种异常情况作出响应, 如重新规划交通路线、调整交通信号灯或发出紧急警报。

## 三、人工智能在拥堵管理的应用

### (一) 自适应交通信号控制系统

自适应交通信号控制系统通过实时分析交通数据, 自动地调整交通信号的时序和时长, 以最大化交通流量和最小化拥堵。这些系统通常使用复杂的算法和模型, 如强化学习或优化算法, 来进行决策。通过实时调整交通信号, 自适应系统能够减少拥堵时间、提高道路容量并降低污染物排放。在多个城市中的实际应用已证明, 这些系统能够明显提高交通流量和道路使用效率。

### (二) 智能路由推荐

智能路由推荐系统通过实时分析交通状况和预测未来的交通流量, 为驾驶者提供最优的行车路线。这些系统使用各种算法和机器学习模型, Dijkstra 算法、A 搜索算法、以及神经网络时间序列预测模型。通过将实时交通数据与预测模型融合, 这些系统能够考虑到即将出现的拥堵和其他可能影响旅行时间的因素。这些系统还可以分析用户行为和偏好, 以便推荐更符合个人习惯的路线。

### (三) 车辆协同

车辆协同通常涉及车与车和车与基础设施的通信, 以实现更高效的道路利用和更低的拥堵率。例如, 通过协同, 车辆可以相互分享路况信息, 或者与交通信号灯进行互动, 以实现更流畅的交通。在车队驾驶中, 多辆车形成一个紧密的车队, 并由前车的决策影响后车的行为。这种方式通过减少空气阻力和更有效的道路利用, 能显著提高燃油效率。通过 V2I 通信, 车辆可以在接近交叉口时接收到即将变化的信号灯信息, 从而提前做出行驶决策, 如提前减速或变道。

## 结论:

本文全面地探讨了人工智能在交通预测与拥堵管理方面的应用。与传统方法相比, 基于 AI 的方法在数据分析、预测准确性和实时响应等方面具有明显优势。通过应用数据收集、交通流量预测、实时交通情况分析和异常交通事件检测, 人工智能能够更精准地掌握交通流动情况, 并据此做出更加合理的管理决策。此外, AI 还在拥堵管理的多个方面表现出极大的潜力, 如自适应交通信号控制、智能路由推荐、车辆协同和自动驾驶车辆等。尽管仍然面临数据准确性、用户隐私和基础设施整合等挑战, 但人工智能无疑为现代交通管理带来了革命性的变化, 值得进一步研究和实践。

## 参考文献:

- [1]李舒豪. ST-MoE: 用于交通预测去偏的时空混合专家框架[D]. 广州大学, 2023.
- [2]刘思林. 基于深度学习的道路交通流速度预测研究[D]. 湖南科技大学, 2022.
- [3]王竟成, 张勇, 胡永利等. 基于图卷积网络的交通预测综述[J]. 北京工业大学学报, 2021, 47(08): 954-970.
- [4]张硕. 基于多特征融合的交通状态判别与预测研究[D]. 江西理工大学, 2021.