

高速公路改扩建施工期交通量预测方法研究

郑浩毅 杨帆

陕西省交通规划设计研究院有限公司 陕西西安 710065

摘要: 随着交通量的持续增长以及车辆大型化、重型化的发展趋势, 现有的高速公路网络面临着日益严峻的挑战。为了适应这一变化, 满足未来交通需求的增长, 对现有高速公路进行改扩建已成为必然选择。高速公路改扩建工程不仅能够提升道路通行能力, 缓解交通拥堵, 还能在一定程度上提高行车安全性, 减少交通事故的发生。然而, 高速公路改扩建施工期间的交通组织与管理却是一项极具挑战性的任务。由于施工作业往往需要在不中断交通的情况下进行, 因此如何确保施工安全、高效地进行, 同时最大限度地减少对交通流的影响, 成为了一个亟待解决的问题。在这个过程中, 准确预测施工期间的交通量显得尤为重要。它不仅能够帮助交通管理部门合理规划交通组织方案, 制定有效的交通引导措施, 还能够为施工单位提供科学的施工计划依据, 从而确保施工期间的道路通行能力和交通安全。本文主要研究高速公路改扩建施工期间的交通量预测方法。

关键词: 高速公路; 改扩建; 交通量预测

随着经济的快速发展, 高速公路作为国家基础设施的重要组成部分, 在促进区域经济发展和提高人民生活水平方面发挥着至关重要的作用。然而, 随着高速公路网络的快速发展, 高速公路改扩建成为常态, 合理预测施工期交通流量对于确保交通安全和提高道路使用效率具有重要意义。本研究将构建适用于高速公路改扩建的交通量预测模型方法。

一、高速公路改扩建的必要性

随着我国经济的快速增长和城市化进程的加速, 交通运输需求不断增加。高速公路作为连接城市与地区的重要通道, 其通行能力和服务水平直接关系到区域经济的发展和社会的进步。然而, 由于早期规划和建设标准的限制, 部分高速公路已无法满足当前的交通需求, 存在车道数量不足、路面破损严重、交通安全设施不完善等问题。因此, 对现有高速公路进行改扩建, 提高其通行能力和服务水平, 已成为当务之急。高速公路改扩建不仅能够缓解交通压力, 提高运输效率, 还能促进区域经济的均衡发展, 提升城市形象。同时, 通过改扩建工程的实施, 可以进一步完善高速公路网络布局, 提高路网的整体效益。

二、高速公路交通量特性分析

(一) 交通量的时间分布特征

高速公路交通量在不同时间段内呈现出明显的波动性。一般来说, 早晚高峰时段交通量较大, 而夜间和非

高峰时段交通量相对较小。此外, 周末和节假日的交通量也会明显高于工作日。这种时间分布特征对于交通量预测具有重要意义, 需要在建模过程中充分考虑^[1]。

(二) 交通量的空间分布特征

高速公路交通量在不同空间位置上也表现出差异性。一般来说, 城市出入口、重要节点以及旅游景点附近的交通量较大, 而偏远地区和乡村路段的交通量相对较小。此外, 不同车道的交通量也存在差异, 通常情况下内侧车道的交通量要大于外侧车道。了解交通量的空间分布特征有助于更加准确地预测未来交通量的变化情况。

(三) 影响因素分析

高速公路交通量受到多种因素的影响, 包括社会经济因素(如人口、GDP、产业结构等)、政策法规因素(如限行政策、收费政策等)、自然环境因素(如天气、地形等)以及突发事件因素(如交通事故、自然灾害等)。这些因素之间相互交织、相互影响, 共同决定了高速公路交通量的变化趋势。因此, 在进行交通量预测时, 需要全面考虑各种影响因素的作用机制和影响程度。

三、高速公路改扩建施工期交通量预测方法

(一) 基于时间序列的预测方法

时间序列分析是一种广泛应用于交通量预测的方法, 它通过对历史交通流量数据的分析, 寻找数据随时间变化的规律, 进而预测未来的交通流量。这种方法的核心在于假设未来的变化趋势与过去相似, 通过建立数

学模型来描述和预测这种变化。在高速公路改扩建施工期,由于施工活动对交通流的影响具有明显的时序性特征,如施工开始、施工高峰和施工结束等不同阶段会对交通流量产生不同程度的影响,因此采用时间序列分析方法进行交通量预测具有天然的优势。具体来说,时间序列分析包括多种模型,如自回归(AR)模型、移动平均(MA)模型、自回归移动平均(ARMA)模型以及自回归积分滑动平均(ARIMA)模型等。这些模型能够处理非平稳的时间序列数据,通过差分变换使其平稳化,再进行模型拟合和预测。在实际应用中,首先需要收集一定时期内的交通流量历史数据,然后对这些数据进行预处理,包括缺失值处理、异常值检测和修正等,以保证数据的质量和可靠性。接下来,利用时间序列分析软件或编程工具,如R语言中的forecast包、Python的statsmodels库等,对数据进行建模和参数估计。最后,通过模型验证和交叉验证等手段评估模型的预测性能,确保所建立的模型具有良好的泛化能力和预测准确性^[2]。

(二) 基于回归分析的预测方法

回归分析通过建立因变量(交通流量)与一个或多个自变量(如时间、天气条件、周边土地利用情况等)之间的统计关系来进行预测。在高速公路改扩建施工期间,由于施工活动本身及其引起的道路条件变化会对交通流量产生显著影响,因此可以考虑将施工进度、施工方式、施工时段等因素作为自变量纳入回归模型中。构建回归模型的第一步是选择合适的自变量。这通常需要基于对交通流量影响因素的深入理解和实地调查数据的支持。例如,可以通过收集施工日志、交通监控数据和气象信息来确定哪些因素最有可能影响施工期间的交通流量。随后,利用多元线性回归、逻辑回归或其他高级回归技术(如岭回归、Lasso回归等)来建立模型,并通过最小二乘法或其他优化算法求解模型参数。一旦模型建立完成,就可以使用该模型对未来的交通流量进行预测。需要注意的是,由于施工活动的不确定性较高,因此在预测时可能需要考虑引入情景分析或敏感性分析,以评估不同施工方案对交通流量的潜在影响。

(三) 基于灰色系统理论的预测方法

灰色系统理论由中国学者邓聚龙教授于1982年提出,主要用于研究信息不完全或未知的系统。在高速公路改扩建施工期,由于施工活动的复杂性和不确定性,往往难以获取完整的信息来描述系统的内部机制。因此,采用灰色系统理论进行交通量预测具有一定的优势。灰

色预测模型(GM)是灰色系统理论中最常用的一种预测方法,它通过生成操作将原始数据序列转化为规律性更强的生成数据序列,然后建立微分方程模型进行预测。GM(1,1)是最基础也是应用最广泛的模型之一,适用于具有指数增长趋势的非平稳序列。对于高速公路改扩建施工期的交通量预测而言,可以先收集一定时期的交通流量数据作为原始序列,然后通过累加生成操作得到新的数据序列,进而建立GM(1,1)模型并进行预测。除了GM(1,1)模型外,还可以根据具体情况选择其他类型的灰色预测模型,如GM(2,1)、GM(1,N)等。同时,为了提高预测精度,可以采用残差修正、等维新息递补等策略对模型进行优化。此外,灰色关联分析也是灰色系统理论的一个重要分支,可以用来分析不同因素对交通流量的影响程度,为制定合理的交通管理措施提供依据^[3]。

(四) 综合预测模型的构建与应用

由于单一的预测方法往往难以全面捕捉高速公路改扩建施工期交通量的复杂变化规律,因此综合考虑多种预测方法的优点构建综合预测模型成为一种可行的解决方案。综合预测模型可以通过加权平均、投票机制、贝叶斯模型平均等方法将不同单一模型的预测结果结合起来,以提高整体的预测性能。在构建综合预测模型时,首先需要根据问题的特点和可用数据选择合适的单一预测方法组合。例如,可以将时间序列分析、回归分析和灰色系统理论相结合,形成一个多维度的预测框架。然后,对每种方法分别进行训练和测试,评估它们的预测效果。在此基础上,利用一定的集成策略将各单一模型的预测结果进行整合,形成最终的综合预测值。需要注意的是,在应用综合预测模型时,要充分考虑到各种方法之间的相互影响和制约关系。例如,某些方法可能在特定条件下表现更好,而在其他条件下则相对较差;另外,不同方法之间可能存在冗余或冲突的信息。因此,在集成过程中需要合理设置权重或采用适当的融合算法,以确保综合预测结果的准确性和稳定性。此外,随着时间的推移和新数据的不断积累,应定期对综合预测模型进行调整和优化,以适应环境的变化和提高预测的实时性。

四、高速公路改扩建施工期交通量预测模型实证分析

(一) 数据采集与预处理

在进行高速公路改扩建施工期交通量预测模型的实

证分析之前，首要任务是收集高质量的数据并进行有效的预处理。数据的准确性和完整性直接影响到后续模型的构建和预测效果。因此，本部分将详细阐述数据采集的方法、来源以及预处理的具体步骤和技术细节。首先，关于数据的采集，通常涉及多个渠道和方式。主要的数据来源包括交通监控系统、道路传感器、GPS追踪设备以及人工调查等。这些数据能够提供关于交通流量、车速、车型分类、通行时间等信息。此外，考虑到施工期间的特殊性，还需要收集有关施工进度、施工类型、施工时段以及对交通管制措施的信息。这些数据可以从施工方、交通管理部门或通过现场勘查获得。一旦收集到原始数据，接下来的任务是进行数据预处理。这一步骤至关重要，因为它涉及到数据清洗、缺失值处理、异常值检测与修正、数据标准化等多个方面。数据清洗主要是剔除不完整、错误或无关的数据记录，确保分析所用数据的质量。对于缺失值，可以采用插补方法如均值替代、中位数替代或使用预测模型估计缺失值。异常值的检测可以通过箱型图、Z分数等统计方法实现，并根据情况决定是删除这些数据点还是对其进行修正。最后，数据标准化是为了消除不同指标量纲之间的影响，常用的方法包括最小-最大标准化和Z分数标准化等^[4]。

（二）模型参数的确定与优化

在建立了初步的交通量预测模型之后，接下来的重点是对模型参数进行确定和优化。这一过程对于提高模型的预测精度和泛化能力至关重要。通常，模型参数的确定涉及到参数的初值设定、敏感性分析和参数优化策略的选择等环节。首先，参数的初值设定往往基于先验知识或经验判断。例如，在时间序列分析模型中，可能需要确定季节性周期的长度；在回归模型中，则需选择合适的自变量和因变量之间的关系形式。初值的设定为后续的参数优化提供了一个起点。随后，进行敏感性分析以识别哪些参数对模型输出的影响最为显著。这可以通过改变一个参数而保持其他参数不变的方式来完成，观察模型性能的变化情况。敏感性分析有助于了解模型对特定参数的依赖程度，从而指导后续的优化工作。最后，参数优化是通过一定的算法来调整参数值，以最小化预测误差或最大化某种性能指标。常见的优化算法包括梯度下降法、遗传算法、粒子群优化等。在实际应用中，可能需要尝试多种算法并比较它们的效率和效果，选择最适合当前问题的优化策略^[5]。

（三）模型的验证与对比分析

模型建立和参数优化完成后，为了评估其有效性和实用性，必须进行模型的验证和对比分析。这一阶段的目的是检验模型在未参与训练的数据上的表现如何，即模型的泛化能力，并与其他模型比较来评价其优劣。模型验证通常采用交叉验证的方法，将数据集分为训练集和测试集两部分。训练集用于模型的训练和参数调整，而测试集则用于评估模型在未见数据上的性能。交叉验证可以进一步细分为K折交叉验证或留一交叉验证等，以确保评估结果的稳定性和可靠性。除了交叉验证外，还可以利用一些统计指标来衡量模型的性能，如均方误差（MSE）、平均绝对误差（MAE）和决定系数（ R^2 ）等。这些指标从不同角度反映了模型预测值与实际值之间的偏差程度，为模型比较提供了量化依据。在进行了单个模型的验证之后，接下来是模型间的对比分析。这涉及到将所提出的模型与其他基准模型或同类研究中出现的模型进行比较。对比时不仅要考虑各模型的性能指标，还应考虑模型的复杂度、计算成本和可解释性等因素。

结语

综上所述，本研究通过对高速公路改扩建施工期的交通量进行深入研究，建立了基于时间序列、回归分析和灰色系统理论的综合预测模型，并通过实证分析验证了模型的准确性。未来研究可进一步优化模型参数，提高预测精度，为实际工程提供更可靠的决策支持。

参考文献

- [1] 谢可, 李锋利. 基于交通流特性分析的高速公路复杂路段改扩建方案研究[J]. 公路, 2024, 69(07): 262-268.
- [2] 范玲玲. 高速公路改扩建施工期交通量预测方法分析[J]. 中国公路, 2023, (24): 110-113.
- [3] 连萌, 唐易. 高度城市化地区高速公路交通量预测准确性问题及解决策略[J]. 公路, 2022, 67(10): 271-277.
- [4] 吴晓明, 孔繁盛, 段丹军, 等. 基于可达性的高速公路改扩建工程诱增交通量研究[J]. 北方交通, 2022, (03): 83-87+90.
- [5] 李政兴. 改扩建高速公路交通量预测失准现象分析[J]. 山西交通科技, 2018, (04): 132-135.