

基于人工智能算法的市政工程项目管理施工进度优化与资源调配策略

邵钦

(中国水利水电第十一工程局有限公司)

【摘要】市政工程专业作为城市基建核心，其进度与资源管理存在计划主观、调配静态、协同不足等问题。文章以AI算法为核心，构建资源动态调配策略：通过LSTM模型整合历史、实时与外部数据，实现资源日需求精准预测（如混凝土用量MAE仅5%）；设计“实时采集—偏差分析—协同调配”机制，依托物联网与5G实时获取设备、进度数据，按偏差类型动态调整资源；针对供应延迟、设备故障等场景制定应急方案。该策略解决传统管理痛点，提升资源利用率，为市政工程管理从经验驱动向数据驱动转型提供可行路径。

【关键词】人工智能算法；市政工程；项目管理；施工进度；资源动态调配

中图分类号：TU99

DOI：10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.118

Optimization of Construction Progress and Resource Allocation Strategies for Municipal Engineering Projects Management Based on Artificial Intelligence Algorithms

SHAO Qin

(China Water Conservancy and Hydropower 11th Engineering Bureau Co., Ltd.)

【Abstract】As the core of urban infrastructure, municipal engineering faces issues such as subjective planning, static resource allocation, and insufficient coordination in terms of progress and resource management. This paper, centered on AI algorithms, constructs a dynamic resource allocation strategy: by integrating historical, real-time, and external data through the LSTM model, it achieves precise daily demand prediction for resources (e.g., MAE for concrete usage is only 5%); It designs a "real-time collection - deviation analysis - collaborative allocation" mechanism, relying on IoT and 5G to obtain real-time data on equipment and progress, and dynamically adjust resources based on deviation types; And it formulates emergency plans for scenarios such as supply delays and equipment failures. This strategy addresses the pain points of traditional management, enhances resource utilization, and provides a feasible path for the transformation of municipal engineering management from experience-driven to data-driven.

【Keywords】AI algorithms; municipal engineering; project management; construction progress; dynamic resource allocation

1 引言

市政工程是城市功能保障的核心基建，其进度与资源管理直接影响项目交付效率与成本控制。当前传统管理模式依赖经验编制计划，关键路径识别不准，资源调配静态化、协同不足，造成工期延误与成本超支。随着AI技术发展，利用LSTM、动态调配机制等技术破解管理痛点，构建精准、高效的资源管理体系，成为提升市政工程项目管理水平的关键，对保障工程质量与效率具有重要意义。

2 市政工程项目管理与AI算法

2.1 市政工程进度与资源管理核心要素

市政工程进度管理围绕三大核心要素：关键路

径(CPM)识别需分析任务持续时间与逻辑关系，锁定延误即影响总工期的关键任务；任务逻辑关系含紧前紧后(如路基完工后再铺路面)与平行作业(如道路两侧管网同步施工)，明确关系可避免工期浪费；工期约束需满足合同总工期与节点工期(如汛期前完成桥梁下部结构)^[1]。资源管理要素涵盖：资源类型需匹配施工环节，人力以焊工、混凝土工为主，机械含挖掘机、压路机，建材依赖商品混凝土、钢筋；资源约束含总量约束(如混凝土日供应≤500m³)与时间约束(如压路机租赁30d)；资源成本需控制机械台班费、建材采购价，避免资源过剩或短缺导致超支。

2.2 AI算法选型依据

市政工程管理需匹配差异化AI算法：遗传算法(GA)全局搜索能力强，适用于施工进度多任务排

序,可在复杂约束下寻最优顺序,但易早熟收敛,需改进交叉与变异算子;LSTM擅长捕捉时间序列长期依赖,适用于资源需求预测(如每日混凝土用量),能整合多维度数据提精度,但需大量历史项目数据支撑训练;BIM+AI结合BIM可视化与AI数据分析,可直观展示进度与资源协同状态(如某施工段机械配置与任务进度),便于实时监控,但需投入成本建BIM模型并实现与实时数据深度融合,否则难发挥作用^[2]。

3 市政工程施工进度与资源调配现存问题分析

3.1 进度管理现存问题

进度管理问题集中于三方面:计划编制主观性强,依赖项目经理经验,未量化任务间资源冲突,导致施工设备争抢、任务停工,计划可执行性低;动态调整滞后,进度偏差靠人工每日上报,反馈周期24h~48h,若桥梁支座安装延误,难及时调整后续桥面施工,易引发连锁延误;关键路径识别不准,传统CPM法仅考虑任务时间约束,忽略资源约束下关键路径转移,导致管理重心偏离。

3.2 资源调配现存问题

资源调配存在三方面问题:需求预测偏差大,传统“类比法”未考虑当前项目地质(如软土地基需多用水压路机)、天气(雨天减混凝土用量),导致资源脱节(如钢筋超需30%致积压);静态调配为主,按初始计划执行(如月购3000t钢筋),未随进度调整,若路基进度放缓仅用2500t,多余钢筋占仓储且增资金成本;多资源协同不足,人力、机械、建材独立调度,如挖掘机到场但混凝土罐车延迟,致机械日均闲置2h~3h,利用率降低。

3.3 问题成因

核心成因有三:数据碎片化,进度数据(施工日志、任务完成率)与资源数据(物资台账、设备记录)分散于Excel、项目软件,格式不统一且难实时互通(如任务延误未同步至物资系统),致资源调配未调整;决策缺乏量化支撑,无“进度—资源”关联模型,难判断二者因果关系,决策靠经验(如难量化压路机数量对路基进度影响),资源投入盲目;技术工具落后,缺物联网传感器、机器视觉等采集设备,难实时

获设备状态、建材库存,且无智能分析工具,难应对动态施工场景,管理响应滞后。

4 基于AI的市政工程资源动态调配策略

4.1 资源需求预测模型(LSTM驱动)

4.1.1 预测维度与输入特征

预测需按“周”为周期预测各资源的日需求量,例如每周一预测当周每日的混凝土用量、挖掘机台班数、钢筋消耗量,为周度资源采购与调度提供依据。历史数据选取近3个同类市政项目的资源消耗数据,如相同路基厚度的混凝土用量、相似桥梁结构的钢筋用量,确保数据具有参考性;实时数据包括当前项目进度(如已完成路基长度、桥梁墩柱浇筑数量)、现场施工效率(如混凝土浇筑速度20m³/h、钢筋加工效率5t/d),反映项目当前推进状态;外部数据引入天气预报(如当日雨天概率、温度)与供应商产能(如混凝土搅拌站每日最大供应量、钢筋供应商交货周期),规避外部因素对资源需求的影响。

4.1.2 模型训练与优化

模型训练需通过数据预处理、参数设置与精度验证三步骤确保可靠性:数据预处理阶段,对缺失值采用“线性插值”法填充,例如某日期的混凝土用量数据缺失,通过前后两日的用量趋势插值补全;对异常值(如因设备故障导致的资源消耗骤增)采用“3 σ 原则”剔除,避免异常数据干扰模型训练;模型构建采用Python的TensorFlow框架,设置2层隐藏层(每层64个神经元),采用7:2:1的比例划分训练集、验证集与测试集,使用Adam优化器最小化均方误差(MSE),通过迭代训练调整模型参数,确保模型收敛;预测精度验证以某市快速路工程的混凝土需求预测为例,LSTM模型的平均绝对误差(MAE)仅为5%,显著优于传统ARIMA模型(MAE=12%),说明该模型可有效降低资源需求预测偏差,为资源调配提供精准依据。

4.2 动态调配机制设计

4.2.1 实时数据采集层

通过在挖掘机、压路机等设备上安装GPS与传感器,实时采集设备位置、工作时长、油耗等数据,通

过工作时长判断设备处于闲置或忙碌状态,例如某挖掘机连续 1h 无位置移动且油耗为 0,判定为闲置;施工端在钢筋加工场、混凝土浇筑点安装具备机器视觉功能的摄像头,通过图像识别技术计算建材库存,如根据钢筋堆高与堆放面积估算库存数量,同时识别混凝土浇筑进度;进度端在各施工段设置 RFID 标签,工人完成任务后扫码上报,如“K1+200 路段路基压实完成”,实时更新任务进度。数据传输采用 5G 网络,确保数据延迟≤10s,为动态调配提供实时数据支撑。

4.2.2 偏差分析层

偏差分析需明确资源实际用量与预测用量的差异,具体分类与逻辑如表 1 所示。

表 1 资源偏差分类与 AI 应对逻辑表

偏差类型	判定标准	AI 应对逻辑
资源过剩	偏差率≤-10% (用量不足)	1. 减少次日采购量;2. 调配至需求缺口区域;3. 延长建材库存周期(存储时间允许时)
资源短缺	偏差率≥10% (用量超支)	1. 紧急联系备用供应商;2. 调整任务顺序;3. 增加资源投入(如临时租赁设备)
正常波动	-10%<偏差率<10%	维持原调配计划,持续监控资源供需变化

偏差定义为资源实际用量与预测用量的差值,通过偏差率(偏差量/预测用量×100%)量化差异,例如预测当日混凝土用量 200m³,实际用量 180m³,偏差率=-10%。当资源过剩(偏差率≤-10%),AI 需减少次日采购量,将闲置资源调配至需求缺口区域(如将闲置挖掘机调至桥梁施工段),若建材存储周期允许(如钢筋存储时间≤30d),可延长库存周期避免浪费;当资源短缺(偏差率≥10%),AI 需紧急联系备用供应商(如调用周边 30km 内搅拌站的混凝土),调整任务执行顺序(优先推进资源需求低的管线铺设任务),或增加资源投入(如临时租赁额外压路机);当正常波动(-10%<偏差率<10%),维持原调配计划并持续监控,避免过度调整导致管理成本增加。

4.2.3 多资源协同调配策略

AI 根据机械调度计划生成工人排班表,例如压路机 8:00-12:00 在 K1 段作业,混凝土工需提前 30min(7:30)到场,完成浇筑设备调试与材料准备,避免机械等待人力;机械—建材协同需同步资源到场时间,当混凝土运输罐车预计 1h 后到达施工段,

AI 提前通知挖掘机停止土方作业,清理场地并做好浇筑准备,确保建材到场后可立即施工;跨区域协同针对项目多施工段的资源不均衡问题,例如 A 段钢筋过剩(库存 50t)、B 段钢筋短缺(缺口 30t),AI 通过实时交通数据计算最优运输路径(避开拥堵路段),安排渣土车转运钢筋,运输成本比从外部供应商采购低 20%,同时减少资源闲置与短缺的双重浪费。

4.3 应急资源调配方案

针对施工中的突发情况,AI 通过内置的供应商数据库,快速检索周边 30km 内的建材市场,筛选 3 家具备供应能力的备选供应商,计算“采购成本+运输时间”的综合最优方案,例如选择供应商 C,虽采购成本比原供应商增加 5%,但可在 24h 内到货,避免影响钢筋加工任务;设备故障场景(如压路机突发机械故障),AI 先查询项目备用设备库,若无备用设备则对接“工程设备共享平台”,推荐就近可租赁的压路机,同时调整后任务顺序,将原计划的路基碾压任务暂改为路基平整,待设备到场后恢复碾压作业,减少工期延误;极端天气场景(如暴雨导致无法户外施工),AI 自动识别户外任务(如路基浇筑、桥面铺装)与室内任务(如钢筋加工、管线预制),将户外任务调整至天气好转后执行,同时减少当日建材需求量(如混凝土用量从 200m³降至 50m³),避免建材到场后无法使用导致的库存积压与浪费。

5 结语

本文提出的基于 AI 的市政工程资源动态调配策略,通过 LSTM 模型解决资源预测偏差问题,依托实时数据采集与偏差分析实现资源动态调整,结合应急方案应对突发场景,有效破解传统管理中计划主观、调配静态、协同不足等痛点,显著提升资源利用率与进度管控精度。

参考文献

[1] 谷庆. 人工智能及大数据技术在项目管理中的应用[J]. 大数据时代, 2024 (12): 56-63.
[2] 陈玉龙, 荣庆. 基于智能化施工技术的市政道路建设研究[J]. 建筑机械化, 2024, 45 (7): 148-151.