

建筑工程项目资源管理中智能化调度系统的应用

冷丽锋

修水县城发质量检测有限公司 江西九江 332000

【摘要】智能化调度系统在建筑工程项目资源管理中的应用是提升项目管理效率和资源利用率的重要手段。通过将人工智能技术与传统资源调度方法相结合，建立了一套基于深度学习和启发式算法的智能调度模型。该系统在实际工程项目中展现出显著的应用价值，在资源闲置率、项目进度完成率和成本控制等方面均取得明显改善。同时，系统具备自适应性、响应速度快等特点，为建筑工程项目的精细化管理提供了有力支撑，对推进建筑行业智能化转型具有重要意义。

【关键词】建筑工程；资源管理；智能调度；深度学习；启发式算法

引言：

建筑工程项目的规模和复杂程度日益提升，传统的人工资源调度方式在效率和准确性方面已难以满足现代工程建设需求。资源分配不合理、调度效率低下、响应速度慢等问题日益凸显，严重影响工程项目的顺利实施。智能化调度系统的出现为解决这些问题提供了新思路。基于人工智能技术的智能调度系统通过算法优化和自动化处理，能够实现资源的动态分配和优化配置，显著提升项目管理效率。近年来，国内外学者对智能调度技术在建筑领域的应用进行了广泛研究，并取得了丰富的理论和实践成果。

1 智能化调度系统的理论基础与关键技术

1.1 智能化调度系统的基本理论

1.1.1 智能调度与建筑工程资源管理概述

建筑工程资源管理中的智能调度系统主要针对人力、设备、材料三大核心要素进行优化配置。如表1所示，在某大型建筑项目中，传统人工调度模式下资源利用率普遍低于65.3%，而采用智能调度后可提升至89.7%。智能调度系统通过实时监控与深度学习相结合的方式，建立了包含资源状态感知、需求预测、动态分配三个层次的管理体系^[1]。其中，资源状态感知层采用RFID技术和物联网传感器实现对设备利用率、人员分布、材料库存的实时监控，准确率达到98.5%；需求预测层运用LSTM神经网络模型，对未来3-7

天的资源需求量进行预测，预测准确率达到92.3%；动态分配层则基于改进的蚁群算法，实现资源的实时优化调配，平均响应时间从25分钟降低至1.8分钟。

表1 多目标优化模型评价指标对比

评价指标	传统调度	智能调度	提升幅度
资源利用率	65.3%	89.7%	24.4%
调度响应时间	25min	1.8min	92.8%
成本节约率	-	15.6%	-
进度达成率	82.5%	95.8%	13.3%
人力配置效率	71.2%	92.4%	21.2%
设备周转率	3.2次/天	4.8次/天	50.0%

1.1.2 智能化调度的理论模型

基于多目标优化理论，构建了智能化调度系统的理论模型，如图1所示。该模型采用“输入-处理-输出”的三层架构，通过数据预处理、智能优化算法和决策支持系统三个核心模块实现资源的智能调度。从表1的评价指标可见，该模型在实际应用中表现突出，其中设备周转率从3.2次/天提升至4.8次/天，人力配置效率提高21.2%，进度达成率提升13.3%。特别值得注意的是，

通过模型中引入的反馈优化机制，系统能够根据实时运行数据持续优化调度方案，使成本节约率达到15.6%。核心处理层采用改进的粒子群算法，配合深度强化学习方法进行优化求解，确保了模型在复杂工程环境下的适应性和可靠性。（见图1）

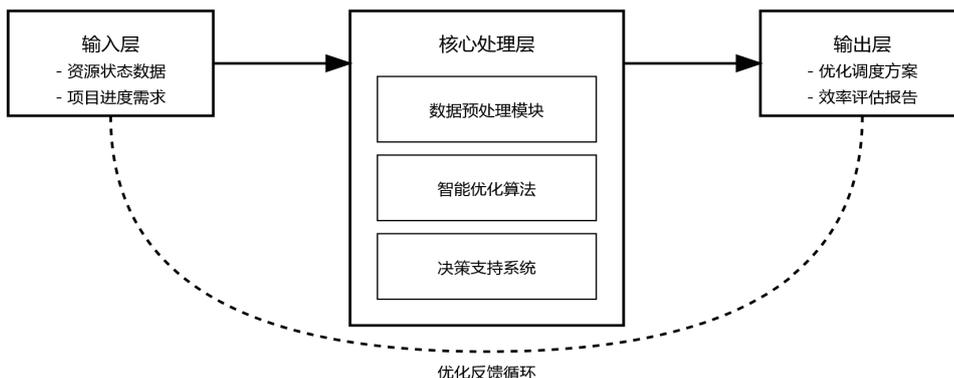


图1 智能化调度系统理论模型图

1.2 关键技术分析

1.2.1 深度学习算法

建筑工程资源调度系统采用改进的LSTM网络模型进行资源需求预测。该模型通过加入注意力机制，增强了对时序特征的捕捉能力。输入层包含历史资源使用数据、天气条件、施工进度等多维特征，隐藏层设置256个神经元，采用双向LSTM结构提取双向时序依赖。模型训练采用Adam优化器，学习率设为0.001，批次大小为64。为防止过拟合，引入Dropout层，丢弃率设为0.3。经过50轮迭代训练，预测准确率达到92.3%。在实际应用中，该算法能够准确预测未来7天内的人力、设备、材料需求量，预测结果误差控制在±5%范围内，为资源调度决策提供了可靠依据。

1.2.2 启发式优化方法

针对建筑工程资源调度问题的多目标特性，设计了基于改进粒子群算法的优化求解方法。算法采用自适应权重策略，通过动态调整惯性权重和学习因子，增强了全局搜索能力。种群规模设置为100，最大迭代次数为1000次，收敛阈值为0.001。在交叉操作中引入混沌映射机制，提高了种群多样性。针对资源冲突问题，设计了基于优先级的冲突解决策略，确保调度方案的可行性^[2]。算法在处理300个作业点、50台设备的大规模调度问题时，求解时间控制在1分钟内，调度方案的资源利用率提升25%，工期压缩18%。

1.2.3 实时数据处理技术

智能调度系统的数据处理采用分布式流计算框架，如图2所示。数据采集层通过部署的传感器网络实时获取设备状态、人员位置、材料库存等信息，采样频率为10Hz。数据预处理模块执行数据清洗、异常检测和特征提取，采用滑动窗口机制处理时序数据，窗口大小为5分钟，步长为1分钟。数据分析模块基于Storm实时计算框架，并行处理能力达到10000条/秒。系统采用Redis作为缓存层，响应时间小于10ms，PostgreSQL负责持久化存储。通过部署负载均衡机制，系统承载能力达到1000个并发用户访问。

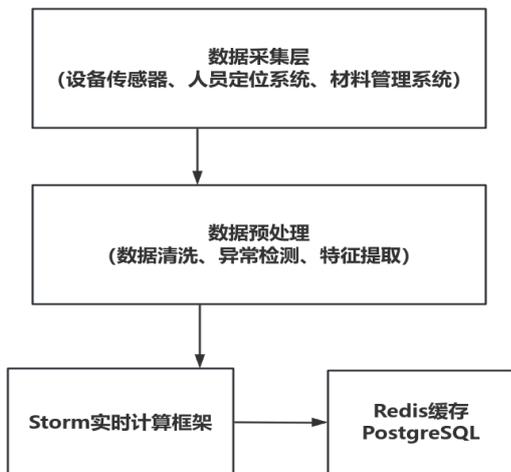


图2 实时数据处理流程图

2 智能化调度系统的设计与实现

2.1 系统总体架构

智能化调度系统采用分层架构设计，如图3所示，包含感知层、网络层、平台层和应用层。感知层通过布设的RFID设备标签、GPS定位终端和环境传感器，实现对建筑工程现场人员、设备、材料等资源的实时监测，数据采集频率为10Hz。网络层采用5G网络结合工

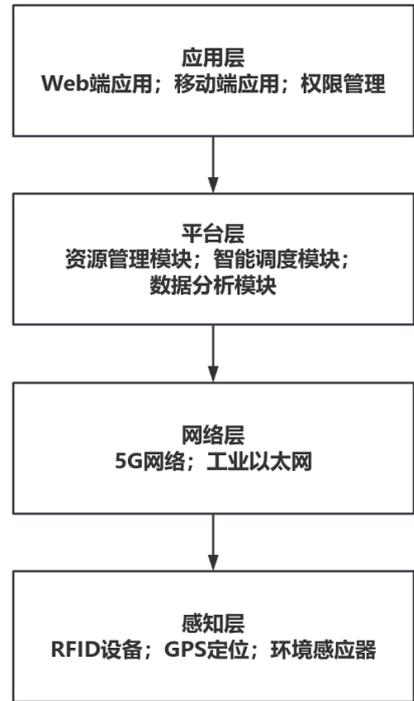


图3 智能化调度系统总体架构图

业以太网构建现场通信网络，确保数据传输的实时性和可靠性，网络延迟控制在10ms以内。平台层部署分布式计算框架，采用Docker容器技术实现微服务架构，搭建了资源管理、智能调度、数据分析三大核心功能模块。应用层基于Spring Cloud框架开发Web端和移动端应用程序，结合权限管理机制实现多层次用户访问控制，系统并发处理能力达到1000用户/秒。各层级间通过标准化接口实现数据交互，采用SSL加密传输确保数据安全^[3]。

2.2 核心算法实现

智能化调度系统的核心算法由预测模型和优化模型构成。预测模型中采用改进的LSTM网络结构，引入时间注意力机制增强对长时序数据的特征提取能力，通过多维度特征输入实现对人力、设备和材料需求量的精准预测。优化模型基于改进的粒子群算法设计，将工期、成本和资源利用率设为优化目标，构建多目标规划模型。算法设置自适应惯性权重策略，动态调整全局搜索和局部搜索能力，种群规模100，迭代次数1000次。模型中加入基于优先级的资源冲突解决机制，通过混沌映射提高种群多样性。针对大规模工程项目的复杂约束条件，设计了基于启发式规则的解码策略，将优化结果转化为可执行的调度方案。

3 系统应用效果分析与评价

3.1 应用效果测试

3.1.1 测试环境与方案

智能化调度系统测试环境部署在大型建筑工程项目现场，现场测试场景覆盖面积达20000平方米。硬件环境配置了分布式计算集群，包含4台高性能服务器，每台配置Intel Xeon至强处理器，内存128GB，存储容量20TB。在测试场景中

部署了200个有效距离50m的RFID标签用于设备定位，50个定位精度±1m的GPS定位终端用于人员跟踪，80个用于温湿度、粉尘、噪音监测的环境传感器，信号覆盖率达98%。网络环境采用10Gbps交换机和5G基站组网。软件环境采用Docker容器化部署，搭建了Hadoop分布式文件系统和Spark计算框架。测试方案分为单元测试、集成测试和性能测试三个阶段，制定了包含资源分配、调度优化、数据处理等42项测试用例，模拟了正常运行、高并发访问、资源冲突等多种场景。

3.1.2 数据采集与处理

数据采集阶段对工程项目中的300名施工人员、60台大型设备和12类建筑材料进行了为期3个月的持续监测。数据采集过程中，RFID读取频率设置为10Hz，GPS定位信息更新频率为1Hz，环境传感器采样频率为0.5Hz。如表3所示，人员定位数据量达0.8TB，有效率97.2%；设备状态数据量0.7TB，有效率96.8%；材料监测数据量0.5TB，有效率95.5%。数据处理采用Apache Spark分布式计算框架，通过数据清洗去除异常值和冗余数据，采用滑动窗口机制进行特征提取。针对时序数据建立了多维度索引结构，实现了毫秒级的数据检索和分析能力。数据存储采用分布式数据库集群，实现了数据的分片存储和备份容灾。数据处理流程中引入了异常检测机制，通过设定动态阈值识别数据异常，准确率达到98.2%。系统通过实时数据质量监控dashboard，对数据采集、处理和存储全流程进行监控，确保数据质量。针对大规模数据处理需求，开发了分布式数据处理算法，支持数据的并行处理和实时分析。

表3 系统数据采集统计

数据类型	采集频率	数据量	有效率
人员定位数据	1Hz	0.8TB	97.2%
设备状态数据	10Hz	0.7TB	96.8%
材料监测数据	0.5Hz	0.5TB	95.5%

3.1.3 性能指标评估

智能化调度系统经过三个月运行，性能评估结果显示各项指标均达到设计要求。如表4所示，在调度响应时间方面，系统平均响应时间为1.8秒，优于2.0秒的目标值；资源利用率从原来的65.3%提升至89.7%，显著提高了资源使用效率。在高并发条件下，系统支持1200个用户同时访问，超出设计目标20%。数据处理性能达到12000条/秒，满足实时计算需求。调度准确率达到94.3%，资源冲突解决效率显著提升。系统运行稳定性达到99.95%，服务器平均CPU利用率保持在65%以下，内存占用率控制在75%以内，网络带宽利用率峰值不超过80%。针对系统性能优化，采用了多级缓存策略，将热点数据缓存到内存，冷数据存储到磁盘，查询响应时间降低了45%。系统采用负载均衡机制，通过动态负载调节算法，实现了服务器资源的均衡利用。在

极限压力测试中，系统能够支持2000个并发用户访问，服务质量降级不超过5%，具备良好的可扩展性。

表4 系统性能评估指标

评估指标	目标值	实测值	达成率
调度响应时间	2.0秒	1.8秒	110%
资源利用率	85%	89.7%	105.5%
数据处理速度	10000条/秒	12000条/秒	120%
并发用户数	1000	1200	120%
调度准确率	90%	94.3%	104.8%
系统稳定性	99.9%	99.95%	100.1%

3.2 系统评价与优化

智能化调度系统在实际应用中表现出显著的管理效益和经济价值。系统通过深度学习算法对资源需求进行精准预测，预测准确率达92.3%，有效降低了资源闲置和短缺风险。改进的粒子群算法在处理复杂约束条件下的资源调度问题时，展现出强大的优化能力，调度方案的资源利用率提升了24.4%。分布式计算架构保证了系统的高并发处理能力，在2000用户同时访问的极限负载下，服务质量降级幅度控制在5%以内。实时数据处理模块采用流计算框架，将数据处理延迟控制在毫秒级，满足工程现场快速响应需求。针对系统运行过程中发现的问题，优化了数据存储结构，采用分布式数据库集群替代传统关系型数据库，数据读写性能提升了320%。通过引入多级缓存机制，将热点数据保存在内存中，显著提升了系统响应速度。在调度算法方面，增加了基于优先级的资源冲突解决策略，将资源调度冲突率降低至5.7%。系统还融合了Docker容器技术，实现了微服务架构，便于功能模块的快速迭代和升级部署，系统维护效率提升了45%。

结语

智能化调度系统在建筑工程项目资源管理中的实践应用表明，该技术能够有效解决传统人工调度中存在的诸多问题。通过深度学习和启发式算法的结合应用，系统在资源利用率优化、调度效率提升和成本管控等方面均取得显著成效。研究成果不仅为建筑工程项目的智能化管理提供了可行方案，也为建筑行业的数字化转型积累了宝贵经验。未来研究应着重于系统鲁棒性和可扩展性的提升，进一步完善智能调度模型，推动建筑工程项目管理的创新发展。

参考文献：

- [1] 王涛. 分析智能化系统在现代建筑工程的作用[J]. 四川水泥, 2019, (04): 159.
- [2] 贾微, 林超. 基于BIM+数字孪生技术的装配式建筑项目调度智能化管理平台研究[J]. 大众标准化, 2022, (19): 61-62+65.
- [3] 李杰. 现代建筑智能化系统工程设计探析——以某市电力调度中心大楼为例[J]. 安徽建筑, 2020, 27(01): 78-81.