

基于求解器的物流智能调控指挥体研究

张飞龙¹, 李嘉森², 陈徐晶², 肖 锋¹, 董凤娜¹

¹上海久隆企业管理咨询有限公司, 上海

²国网上海市电力公司物资公司, 上海

收稿日期: 2025年7月31日; 录用日期: 2025年8月12日; 发布日期: 2025年9月15日

摘 要

针对电网企业物流环节车辆匹配低效、方案目标单一、应急物资响应滞后等问题, 研究物流智能调控指挥体, 通过规划智能配载方案与路径优化策略提升物流管理质效。物联网(IoT)和5G技术的融合应用为物流智能调控指挥体提供高质量的实时数据, 实现各类参数自动更新等; 基于供应链求解器的强大算力, 综合考虑成本、时效、合规性等约束条件, 构建多目标运筹优化模型, 计算出平衡多目标的最优物流运输调度方案。

关键词

求解器, 物联网, 多目标运筹优化模型

Research on the Intelligent Logistics Control Command Entities Based on Solver

Feilong Zhang¹, Jiasen Li², Xujing Chen², Feng Xiao¹, Fengna Dong¹

¹Shanghai Jiulong Enterprise Management Consulting Co., Ltd., Shanghai

²Materials Company of State Grid Shanghai Electric Power Company, Shanghai

Received: Jul. 31st, 2025; accepted: Aug. 12th, 2025; published: Sep. 15th, 2025

Abstract

Aiming to address the issues of inefficient vehicle matching, a single-objective distribution scheme, and delayed response in emergency material logistics within power grid enterprises, this study proposes an intelligent logistics control and command system. The quality and efficiency of logistics management are enhanced through the development of intelligent loading plans and route optimization strategies. The integrated application of Internet of Things (IoT) and 5G technologies provides high-quality real-time data for intelligent logistics control and command system, enabling automatic

文章引用: 张飞龙, 李嘉森, 陈徐晶, 肖锋, 董凤娜. 基于求解器的物流智能调控指挥体研究[J]. 现代管理, 2025, 15(9): 118-122. DOI: 10.12677/mm.2025.159252

updates of various parameters. Leveraging the robust computational capabilities of supply chain solvers and considering constraints such as cost, time, and compliance, a multi-objective operational optimization model is constructed to determine the optimal logistics and transportation scheduling scheme that balances multiple objectives.

Keywords

Solver, Internet of Things (IoT), Multi-Objective Operation Research Optimization Model

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着数字经济的高速发展,积极应用大数据、云计算、人工智能(Artificial Intelligence, 简称 AI)、物联网等数字化新技术成为势不可挡的趋势。物流环节是电网供应链高效运行的重要保障环节,通过嵌入供应链主导企业原材料采购、生产要素保障、产业链配套、终端渠道开拓等产供销各环节,联动供应商、制造商、分销商和零售商直到最终用户,实现对供应链上下游、跨区域精准匹配、高效对接和组织重构。基于求解器、物联网以及自然语言大模型等技术求解物流各个环节中多目标运筹优化的最优解,实现物流运输成本、时效、合规性等多目标均衡,提升电网企业物流管理质效[1]。

2. 物流智能调控指挥研究路径

2.1. 电网企业物流调控指挥现状分析

当前电网企业物流调控指挥主要依赖于人工经验,缺乏科学依据,导致资源匹配效率低,如人工匹配车辆载重、尺寸与物资规格(如电缆盘直径)耗时且易出错,常出现“大车拉小货”或超载违规问题;跨区域运输路径规划不合理导致多次中转,空驶率高;突发路况(如暴雨封路)或紧急插单(如抢修物资调运)依赖人工重排,响应延迟超 4 小时,且缺乏实时车辆状态监控(如故障停运),调度指令与实际执行脱节;多目标优化缺失,传统方案偏重单一目标(如成本最低),忽视时效损失(工程停工)或合规风险(危化品运输限行),缺乏量化工具平衡综合效益,导致决策短视,拉高整体物流运输成本。

2.2. 物流智能调控指挥体研究路径

根据电网企业物流调控指挥现状的分析结果,梳理物流调控指挥业务目前的痛点主要是资源匹配效率低、突发情况响应滞后和缺少多目标优化方案等问题,物流智能调控指挥体研究从当前业务痛点切入,以供应链求解器、物联网、数据分析等信息技术为支撑,在成本、效率、合规多目标条件下提供最优载配方案,实现资源高效利用。物流智能调控指挥体研究路径如下图 1 所示。

车辆调配业务分析,深入业务一线调研车辆调配业务流程,梳理业务当前痛点问题,为后续需求分析提供支撑。

物流智能调控指挥体需求分析,综合考虑成本、时效、合规性等目标,厘清本次研究的物流优化需求。

物流智能调控指挥体方案设计,基于车辆调配业务现状分析和需求梳理,结合供应链管理控制塔理念、物联网、大数据等信息技术,开展物流智能调控指挥体方案设计。通过明确多目标条件,设定物流智能调控的参数,输入求解器计算出最优解,推送最优路线方案,为物流智能调控提供有力支持。

物流智能调控指挥体方案应用, 基于小样本数据(如单省公司 3 个月运输记录)验证方案合理性, 通过极端场景仿真(车辆故障、路网中断)评估方案的鲁棒性。结合求解器实验解决资源错配与响应延迟问题, 逐步扩展多目标优化与动态响应能力, 实现车辆满载率提升, 空驶率下降, 突发任务响应时间压缩。

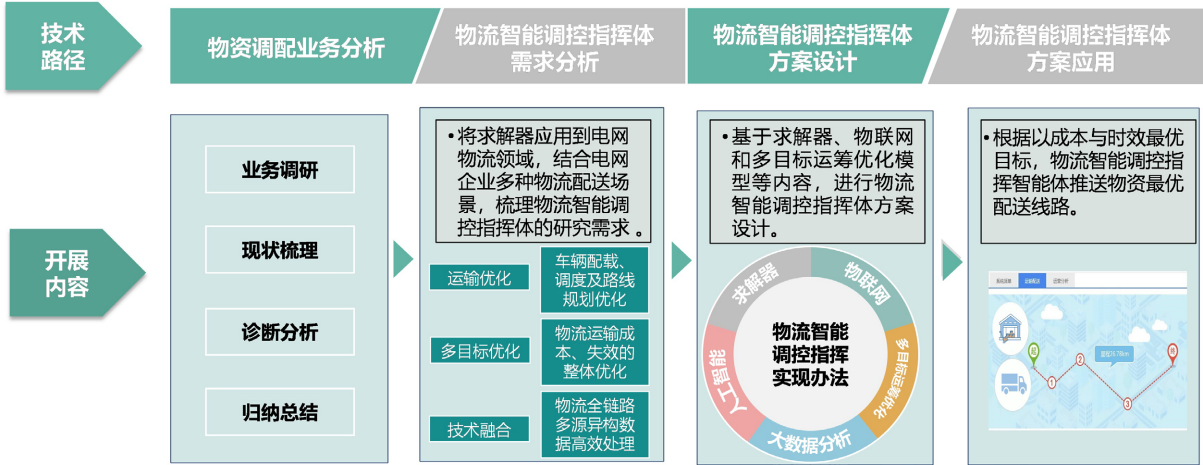


Figure 1. Technical path for the intelligent control and command system in logistics
图 1. 物流智能调控指挥体技术路径

3. 物流智能调控指挥体研究内容

3.1. 求解器

求解器是一种用于解决特定数学问题的算法或软件工具, 其核心目标是通过数值计算或符号运算得到问题的精确解或近似解, 广泛应用于工程、科学、金融、人工智能等领域。根据问题的类型, 求解器可分为多种类型, 每种类型针对特定问题设计, 如线性规划求解器、非线性规划求解器、混合整数规划求解器、约束规划求解器、微分方程求解器、全局优化求解器等。

混合整数规划求解器是物流智能调控指挥研究中重点应用的求解器, 混合整数规划是数学规划的一个重要分支, 其变量可以是连续变量, 也可以是整数变量(通常是 0~1 变量或一般整数变量), 混合整数规划求解器专门用于求解此类问题, 用于生产调度、路径优化、资源分配等领域中最优解的求解[2]。本次研究针对电网企业物资运输场景, 以成本与时效为核心的约束条件, 优化物资全流程配送效率。

3.2. 物联网

物联网是指通过信息传感设备, 按约定的协议, 将任何物体与网络相连接, 物体通过信息传播媒介进行信息交换和通信, 以实现智能化识别、定位、跟踪、监管等功能, 随着 5G 技术的发展, 物联网在全球信息技术中的地位得到了加强。5G 技术提供了更高的传输速率和低延迟推动了物联网在自动驾驶、智慧城市、智慧医疗等领域的蓬勃发展与普遍应用[3]。在电网物资配送过程中利用物联网和 5G 技术可实时采集物资属性、车辆配置、交通路况数据, 实现重要参数及时更新, 支撑最优调度方案的制定。此外, 随着大数据分析和人工智能的发展, 物联网将会具备更强的决策支持能力, 能够根据实时数据自动调整更新物资最优配送路线, 进一步降低执行偏差率[4]。

3.3. 多目标运筹优化模型

多目标运筹优化问题模型是运筹学中的重要分支, 用于处理同时优化多个相互冲突的目标的问题,

涉及多个变量、约束条件以及最大化最小化函数，如最小成本、最大化产量等。多目标运筹优化问题模型的核心在于如何在不同的资源分配、比例系数条件下同时满足多项不等式限制并达到最优化的目的[5]。具体涉及到线性方程组，非负决策变量，目标函数的构建及其最优解的计算方法。电网企业物资种类繁多，配送线路规划复杂，尤其在特大自然灾害等突发场景中，需要快速智能生成突发任务调度方案，及时将所需物资配送到抢修现场，保障电力正常供应。多目标运筹优化模型适用于需要解决复杂资源配置、成本控制等方面的实际工程项目管理，在有限的资源条件下，获取最大的收益。

4. 物流智能调控指挥体方案设计与试点应用

电网企业物流体系是供应链各节点的纽带，物流环节的高效运营支撑物资需求快速响应，并按需求快速精准供应，降低供应链物流综合成本，提高实物周转效率，支撑打造新型电网。物流智能调控指挥体方案通过应用先进的信息技术对传统物流进行数字化、智能化升级，提升车辆满载率，缩短物资需求响应时间等，实现更高效、精准、灵活的物流管理。

4.1. 物流智能调控指挥体方案设计

物流智能调控指挥体方案设计首要问题根据梳理的需求，明确本次研究是针对电网物资在各种运输场景下，能平衡多目标之间的关系，实现物流运输的整体优化。电网企业物流业务场景数据量巨大，物联网和 5G 网络技术的融合，可确保数据传输的稳定且高效，为物流智能调控指挥提供可靠的数据基础[6]。物流智能调控指挥需要考虑不同场景下的成本、时间等条件，约束条件复杂，构建多目标运筹优化模型，借助求解器的强大算力支持，计算出物流调控的最优解，提高电网企业物流业务环节工作质效。物流智能调控指挥体方案的设计流程包括：

需求梳理。结合电网企业物流环节的业务痛点、堵点，梳理方案的需求是提高资源匹配效率，减少超载、空载以及无效中转等问题；提升物资在突发情况下的配送及时率；根据多目标条件提供最优配送参考方案等。

建设技术路线。依托物联网感知与特征工程技术打通数据链路，利用强化学习实现参数自动更新，部署混合整数规划求解器作为算法引擎，根据多重约束条件进行配送方案计算，最终输出兼顾成本最小化、效率最大化的调度方案，支持人工干预与决策修正[7]。

模型设计。构建物流运输规划模型构建、多目标运筹优化模型等，针对电网物资运输场景，建立以成本与时效为核心的多目标优化模型，重点整合车辆载具限制(如载重、尺寸)、时间窗口约束(如工地接收时段)、货物属性(重量、类别)等关键要素，覆盖库点转运与工程现场配送全流程。通过与混合整数规划求解器结合并行加速技术，解决模型求解的准确性与效率问题，确保千级任务规模下 1 小时内输出可行方案，兼顾复杂场景的动态响应需求。

系统界面展示。设计物流运输规划路线的查询界面，清晰地展示路线图，支持用户便捷进行系统排单、运输路线图、运营分析等查看，并且对接 ECP、ERP 系统实现全网调度协同。

4.2. 物流智能调控指挥体方案试点应用

物流智能调控指挥体是制定可以平衡多目标条件的规划与调度方案，提升物流环节的资源利用率，缩短需求响应时间，提高物流环节的运营质效。秉承前述的设计理念及精细的模块分工布局，本次研究的物流智能调控指挥体在省公司试点应用，实现资源利用率大幅提升，物资需求响应时间缩短，物流运输方案满足多目标条件[8]。

物流运输优化。聚焦于物流运输规划与调度，通过先进的模型和算法，实现车辆配载、调度及路线规划的优化，提升物流运输的效率与成本效益。

多目标优化。综合考虑成本、时效等多个目标，基于求解器构建物流智能调控优化模型，以平衡不同目标之间的关系，实现物流运输的整体优化。

技术融合。结合物联网技术、多目标运筹优化模型以及大模型的语义理解与生成能力，实现物流全链路多源异构数据的预处理与高效融合，为物流智能调控指挥提供有力支持[9]。

5. 小结

求解器是连接数学建模与实际场景应用的“计算大脑”，其价值体现在将多目标的抽象问题转化为可执行方案。随着数智化转型深入，求解器将成为电网企业供应链智能化升级的基础设施，物联网与 5G 技术融合应用打通了数据链路，为物流智能调控指挥体提供了高质量的实时数据，求解器的强大算力解决多目标条件求解的准确性与效率问题，确保千级任务规模下 1 小时内输出可行方案，并兼顾复杂场景的动态响应需求，最终输出成本最小、效率最高的物资调度方案，提升电网企业的物流运营质效，降低供应链物资供应断链风险，保障供应链安全。

参考文献

- [1] 李奔, 王世超. 基于理论研究的视角探析蚁群算法与物流配送路线优化策略的关联价值[J]. 中国储运, 2023(7): 184-186.
- [2] 李珍萍, 焦鹏博. 基于供应商管理库存模式的配送路径优化问题[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(26): 11362-11367.
- [3] 龚克. 物联网发展的现状、面临挑战与未来趋势[J]. 新经济导刊, 2024(11): 10-14.
- [4] 王超. 基于物联网技术的电力设备远程监控与管理系统探讨[J]. 中国设备工程, 2024(24): 207-209.
- [5] 徐兵, 吉阿兵. 物流配送中心优化布局的运筹模型分析[J]. 南昌大学学报(理科版), 2005(6): 582-585.
- [6] 李儒晶. 基于物联网技术的智能物流供应链管理方法研究[J]. 前沿探讨, 2024(21): 13-15.
- [7] 吴雄, 王秀丽, 王建学, 别朝红. 微网经济调度问题的混合整数规划方法[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(28): 1-9.
- [8] 翟玲. 基于人工智能的物流系统优化[J]. 山西财经大学学报, 2024, 46(S2): 77-79.
- [9] 肖广来, 王若瀚. 人工智能技术在供应链物流领域的应用[J]. 中国航务周刊, 2024(22): 60-62.