

大数据驱动的港口集装箱船舶拥堵预警模型及疏解策略研究

赵敬芳¹ 杨玫¹ 徐珩¹ 张建芳² 张强²

1. 青岛港国际集装箱发展有限公司; 2. 山东港口科技集团青岛有限公司

DOI: 10.32629/ems.v8i4.19753

[摘要] 当全球供应链朝着协同发展的方向迈进以及港口开启智能化转型的进程时,港口集装箱船舶出现的拥堵状况已然成为限制航运效率提升、使得物流成本不断增加的关键阻碍因素,甚至有引发全球供应链产生连锁中断反应的可能性,而大数据技术的迅速更新换代则为港口拥堵的精确预警以及科学疏解提供了一条全新的路径,该路径突破了传统预警模式所存在的局限性;本文从港口运营过程中实际存在的痛点出发,将多源大数据进行整合来构建拥堵预警模型,对拥堵的形成机理展开剖析,同时探索适用于不同场景的疏解策略,此项研究能够为港口提高运营效率、降低拥堵风险提供理论方面的支撑以及实践上的指引,有助于智慧港口实现高质量发展,进而推动港口航运领域的智能化升级以及可持续发展。

[关键词] 大数据; 港口集装箱船舶; 拥堵预警模型; 疏解策略; 智慧港口

引言

伴随着全球贸易一体化的进程不断加快,集装箱船舶朝着大型化发展的趋势越来越显著,港口作为全球供应链的核心节点,其运营效率会对航运物流的顺畅性产生直接影响,目前,在多种因素的共同作用下,港口集装箱船舶频繁出现拥堵现象,并引发了一系列的连锁问题,传统的拥堵预警方式主要依靠人工经验,存在着诸多弊端,已经难以满足智慧港口的发展需求,而大数据技术凭借其独特的优势,能够实现

运营过程中产生的各类数据进行高效处理,分析大数据技术在港口运营领域的应用现状,着重探讨其在船舶动态监测、作业流程优化等方面的应用优势,例如可以实现对船舶动态的实时追踪,精准掌握船舶到港、离港等关键信息,总结大数据技术与港口拥堵预警融合过程中存在的痛点以及改进方向,目前在融合过程中存在数据融合不够充分、技术适配性不足等问题。

1.3 预警模型理论与方法

关于拥堵预警模型理论与方法需梳理其核心内涵及构建原则并明确功能定位与核心目标,其中核心内涵为通过对相关数据开展分析以实现拥堵风险的提前预判与预警,构建时需遵循科学性、系统性等原则,而功能定位是为港口拥堵治理提供数据支撑与决策依据,核心目标在于提升拥堵预警的精准度与及时性,同时需介绍当前主流的预警模型构建方法并对比不同方法的适用场景及优缺点,像常用的回归分析、神经网络等方法在适用场景与预测效果方面存在差异。

一、相关理论与技术基础

1.1 拥堵相关理论

对港口集装箱船舶拥堵的内涵以及界定标准进行清晰界定,明确拥堵存在阶段性拥堵和持续性拥堵等不同类型以及船舶待泊时间延长、装卸作业效率下降、港区航道通行受阻等表现形式,对港口集装箱船舶拥堵的形成机理进行梳理,分析拥堵传播的路径以及影响范围,通常情况下,拥堵会从泊位区域开始传播,逐渐影响到航道、堆场等区域,进而对整个港口的运营秩序产生影响,理清拥堵对港口运营、航运物流以及供应链所产生的多重影响,例如会导致港口吞吐量降低,增加相关主体的运营成本。

1.2 大数据技术与应用

阐述大数据技术所具备的核心特征以及关键技术,包括数据采集、数据清洗、数据存储和数据挖掘等技术,大数据技术具有海量性、高速性、多样性等核心特征,能够对港口

二、大数据驱动的港口集装箱船舶拥堵预警模型构建

2.1 模型构建目标与原则

模型构建目标与原则需明确核心构建目标,将焦点聚焦于拥堵的精准预测、及时预警以及风险分级,以满足港口运营的实际需求,这里的精准预测指的是准确判断拥堵发生的时间与程度,及时预警是在拥堵发生前发出提示信息,风险分级则是依据拥堵严重程度划分不同等级,同时要确立科学性、实用性、可扩展性与实时性的构建原则,确保模型能够

适配不同规模港口的运营特点并实现动态优化升级,科学性原则要求模型构建基于严谨的理论与技术,实用性原则要求模型能够解决实际问题。

2.2 多源数据采集与预处理

多源数据采集与预处理需梳理港口集装箱船舶拥堵预警的核心数据来源,包含船舶动态数据、港口作业数据、环境影响数据及关联辅助数据,船舶动态数据涵盖船舶位置、航速等信息,港口作业数据包括装卸效率、泊位占用情况等内容,环境影响数据涉及天气、潮汐等因素,要设计多源数据采集方案以实现各类数据的全面、实时采集并打破数据孤岛现象,采用多种采集技术来确保数据采集的全面性与实时性并推动不同来源数据的互联互通,还要开展数据预处理工作,完成数据清洗、去重、标准化与融合以提升数据质量,数据清洗可去除无效数据,数据去重可避免数据冗余,数据标准化可确保数据格式统一。

2.3 模型核心模块设计与实现

模型核心模块设计与实现需设计预警模型的核心模块,包括数据输入模块、特征提取模块、风险预测模块与预警发布模块并明确各模块的功能及运行流程,数据输入模块负责接收各类预处理后的大数据,特征提取模块负责从数据中提取影响拥堵的关键信息,风险预测模块负责运算拥堵风险,预警发布模块负责将预警信息传递给相关主体,同时基于大数据挖掘技术提取影响拥堵的关键特征,如船舶到港密度、装卸效率等,并构建拥堵风险预测算法,该预测算法结合相关技术以实现拥堵发生概率、严重程度的精准预测。

三、港口集装箱船舶拥堵影响因素分析

3.1 港口内部运营因素

港口内部运营因素需分析港口泊位资源配置状况并探讨泊位数量、泊位利用率与拥堵间的关联关系,其中泊位数量不足或泊位利用率过高均会致使船舶待泊时间延长进而引发拥堵,而合理的泊位资源配置则能够提升港口作业效率并减少拥堵现象发生,同时需研究港口装卸设备运营效率,包含设备完好率、作业速度对船舶周转效率的影响,因设备完好率不足、作业速度过慢会降低港口装卸能力并导致船舶在港停留时间增加,还需梳理港口作业流程合理性并分析流程繁琐、衔接不畅等问题对拥堵形成的推动作用。

3.2 船舶与外部环境因素

船舶与外部环境因素要分析船舶运营相关因素,涵盖船舶到港密度、船舶吨位、船期准确性对港口拥堵的影响,船

舶到港密度过大可导致港口作业压力激增并引发拥堵,船舶吨位过大则会增加装卸作业难度与时间,船期不准确会使船舶集中到港并打破港口作业正常秩序,同时需探讨外部自然环境因素,包括恶劣天气、潮汐变化等对船舶靠泊、作业的干扰作用,恶劣天气会影响船舶航行与靠泊安全并导致作业中断,潮汐变化会影响航道水深并限制船舶通行进而引发拥堵,还需梳理地缘政治、贸易政策等外部政策环境对港口航运秩序的影响并分析其引发拥堵的潜在路径。

3.3 多因素耦合作用机制

多因素耦合作用机制需分析各类影响因素之间的相互关联、相互作用关系并明确各因素的权重占比,港口内部运营因素、船舶运营因素与外部环境因素并非孤立存在而是相互影响、相互作用,部分因素之间存在协同效应会共同加剧港口拥堵,部分因素之间存在制约关系可缓解拥堵现象,同时需探讨多因素耦合对港口集装箱船舶拥堵的协同影响机制并厘清不同因素组合下拥堵的形成路径与发展规律,不同的因素组合会形成不同的拥堵场景且其形成路径与发展规律也存在差异。

四、大数据驱动的港口集装箱船舶拥堵疏解策略

4.1 港口内部运营优化

港口内部运营优化应通过大数据分析掌握泊位与设备的使用情况并合理分配资源以避免资源闲置与浪费,针对泊位资源紧张问题需优化泊位分配方案以提高泊位利用率,针对设备运营效率不足问题需合理调配设备以提升设备作业能力,借助大数据技术优化港口作业流程需简化衔接环节以实现作业流程的智能化、高效化,去除冗余作业环节并优化作业衔接以减少作业等待时间,建立港口作业动态调度机制需根据船舶到港情况与作业进度实时调整作业计划,该动态调度机制能够灵活应对船舶到港的不确定性并减少船舶待泊时间以缓解港口拥堵。

4.2 船舶运营协同疏解

船舶运营协同疏解方面需构建以大数据为支撑的船舶到港预约机制,通过对船舶到港密度进行合理调控来避免因船舶集中到港而引发的拥堵状况,即船舶借助预约系统提前申报到港时间,港口则依据自身作业能力对船舶到港计划进行合理安排以实现船舶错峰到港;同时要建立船舶与港口的协同沟通平台,以此实现船期、作业计划等信息的实时共享进而提升协同运营效率,在该平台上船舶能够了解港口作业进度,港口也可以掌握船舶动态,双方通过协同配合来优化作

业流程; 还需对船舶装卸作业优先级分配进行优化, 结合船舶类型、货物紧急程度等因素实现作业资源的精准匹配, 对于承担紧急货物运输任务的船舶优先安排装卸作业以提升货物运输效率。

4.3 外部协同与长效保障

加强港口与海关、海事等相关部门的协同联动, 借助大数据技术实现信息共享与流程协同从而提升通关与查验效率, 各部门通过大数据平台共享相关信息以简化通关与查验流程并减少船舶在港停留时间; 需建立外部环境预警机制, 对恶劣天气、政策变动等潜在风险进行提前预判并制定针对性的应对预案, 针对恶劣天气提前做好船舶调度与作业安排, 针对政策变动及时调整运营策略以降低风险影响; 应完善拥堵疏解长效机制, 定期开展拥堵风险评估以实现预警模型与疏解策略的动态优化, 定期评估拥堵疏解效果并总结经验教训, 对预警模型的参数与疏解策略的内容进行优化以确保拥堵治理工作的持续性与有效性。

五、预警模型与疏解策略的优化路径

5.1 预警模型动态优化

结合港口运营的动态变化建立预警模型的迭代优化机制, 及时对数据来源与预测算法进行更新, 由于港口运营情况会随着贸易量、政策等因素的变化而变化, 所以该迭代优化机制能够确保模型适应这些变化, 一方面及时更新数据来源并纳入新的影响因素数据以提升数据的全面性, 另一方面优化预测算法以提高模型的预测精度; 要分析模型运行过程中存在的不足, 针对预测精度、响应速度等问题提出针对性的优化措施, 如针对预测精度不足的问题优化特征提取方法, 针对响应速度较慢的问题优化模型运算流程; 需引入先进的人工智能技术, 提升模型的自学习能力与自适应能力以适配不同场景下的拥堵预警需求, 确保模型能够长期稳定发挥作用。

5.2 疏解策略适配性优化

结合不同港口在运营规模方面所呈现出的差异、拥堵类型的多样特征以及各类影响因素, 对疏解策略的适配性进行针对性优化, 以避免在策略实施过程中出现“一刀切”的不合理情形, 因为不同规模的港口于作业能力、资源配置等关键环节均存在显著不同, 且不同类型拥堵的形成原因亦有其独特性, 所以需针对不同港口的具体情况与不同拥堵类型的实际特征, 制定具有差异化的疏解策略, 以此提升策略与实

际需求的适配程度。

5.3 大数据技术融合深化

深化旨在推动大数据与港口运营实现更深度的融合, 通过拓展数据采集范围, 提升数据在实时性与全面性方面的表现, 将大数据技术贯穿于港口运营的全流程之中, 进一步扩大数据采集的范围, 纳入更多与拥堵相关的数据信息, 同时提升数据采集的实时性, 确保数据能够及时准确地反映港口运营的实际情况与船舶动态, 为预警与疏解工作提供及时有效的支撑, 积极推动大数据技术与人工智能、数字孪生等先进技术的协同应用, 构建一体化的港口拥堵治理平台, 通过多技术的协同配合, 实现港口拥堵的精准预警、科学疏解以及动态管理, 进而提升拥堵治理的智能化水平, 在此过程中, 需加强大数据安全保障体系建设, 切实保障数据采集、存储与应用环节的安全性。

六、结论

本文以大数据驱动的港口集装箱船舶拥堵预警模型及疏解策略作为研究核心展开系统研究, 全面梳理了相关理论与技术基础, 明确界定了港口集装箱船舶拥堵的内涵、形成机理以及影响因素, 基于多源大数据成功构建了港口集装箱船舶拥堵预警模型, 并对模型的核心模块进行了精心设计, 实现了对拥堵风险的精准预测与分级预警, 结合拥堵影响因素及其多因素耦合作用机制, 提出了包含港口内部运营优化、船舶运营协同疏解、外部协同与长效保障在内的全方位疏解策略, 同时明确了预警模型与疏解策略的优化路径, 本研究有效弥补了传统拥堵预警与疏解工作存在的不足, 成功实现了大数据技术与港口拥堵治理的深度融合。

[参考文献]

- [1] 王芝理. 基于群智能算法的集装箱船舶配载优化研究[D]. 河北大学, 2024.
- [2] 顾涛涛. 浅谈纯电动集装箱船舶箱式电源充换电火灾防控[J]. 水上安全, 2023, (14): 118-120.
- [3] 凌宇. 基于改进自适应大邻域搜索算法的集装箱船舶配载研究[D]. 武汉理工大学, 2024.
- [4] 李雨晴. 基于多目标解析优化的集装箱船舶配载问题研究[D]. 东北大学, 2022.
- [5] 刘军堂. 基于群智能算法的集装箱船舶配载优化研究[D]. 河北大学, 2022.