

基于大数据分析的船舶航行安全预警系统研究

黄家顺

中国船级社实业有限公司宁波分公司，浙江宁波，315000；

摘要：随着大数据技术的快速发展，船舶航行安全预警系统迎来了新的发展机遇。本文研究了基于大数据分析的船舶航行安全预警系统，通过整合船舶运营过程中产生的大量数据，利用大数据处理技术和机器学习算法，对船舶航行过程中的各种风险进行实时监测和预警。系统涵盖了数据采集、数据处理、风险评估和预警发布等模块，旨在提高船舶航行的安全性，降低运营风险。研究结果表明，该系统能够准确预测船舶航行中的潜在风险，为船舶驾驶员提供及时有效的决策支持。

关键词：大数据分析；船舶航行安全；预警系统；风险评估

DOI：10.69979/3041-0673.25.06.063

引言

船舶运输作为全球货物和人员流动的重要方式，其安全性一直备受关注。然而，近年来船舶事故频发，造成严重的人员伤亡和财产损失。为了提高船舶航行的安全性，减少事故的发生，建立基于大数据分析的船舶航行安全预警系统显得尤为重要。该系统通过整合和分析船舶运营过程中产生的大量数据，能够实时监测和预警船舶航行过程中的各种风险，为船舶驾驶员提供决策支持，确保船舶航行的安全。

1 船舶航行安全预警系统的背景与意义

1.1 船舶航行安全现状与挑战

船舶运输作为全球经济贸易的重要支柱，承担着大量货物和人员的运输任务。然而，随着船舶运输业的快速发展，船舶航行安全问题日益凸显。近年来，船舶事故频发，不仅造成了巨大的人员伤亡和财产损失，也对海洋环境造成了严重破坏。这些事故的原因多种多样，包括恶劣天气、复杂航道、船舶设备故障、人为操作失误等。因此，如何提高船舶航行安全，减少事故发生，成为当前船舶运输业亟待解决的问题^[1]。

在自然环境方面，船舶航行面临着诸多不确定因素。例如，台风、暴雨、浓雾等恶劣天气条件会严重影响船舶的航行安全。复杂的水域环境，如狭窄航道、暗礁、浅滩等，也对船舶驾驶员的操作技能提出了极高要求。此外，随着全球气候变暖，极端天气事件频发，进一步增加了船舶航行的风险。

在船舶自身方面，老旧船舶的设备老化、维护不当

等问题可能导致船舶在航行过程中出现机械故障，从而引发事故。同时，船舶驾驶员的专业素质和操作技能也是影响航行安全的重要因素。缺乏专业知识和经验的船员可能无法准确判断航行风险，导致操作失误或不当维护^[2]。

1.2 传统安全预警系统的局限性

传统的船舶航行安全预警系统主要依赖于船舶自身的传感器和简单的数据分析方法。这些系统虽然能够在一定程度上提供航行安全信息，但存在明显的局限性。首先，传统系统的数据来源单一，主要依赖于船舶自身的传感器，无法获取更全面的航行环境信息。其次，传统系统的数据处理能力有限，无法对海量数据进行深度挖掘和分析，难以准确预测潜在的航行风险。此外，传统系统的预警方式相对简单，往往只能提供基本的警示信息，无法为船舶驾驶员提供具体的决策支持。

1.3 大数据技术在船舶航行安全预警中的应用价值

随着大数据技术的快速发展，其在船舶航行安全预警中的应用价值日益凸显。大数据技术能够处理海量数据，挖掘隐藏信息，为船舶航行安全预警提供新的解决方案。通过整合船舶运营过程中产生的各种数据，如船舶位置、速度、航向、气象、海况等，大数据技术可以实时监测和预警潜在的航行风险。

具体来说，大数据技术可以应用于以下几个方面：一是数据采集与整合。通过收集船舶自身的传感器数据、气象数据、海况数据等多种数据源，构建全面的航行安全数据库。二是数据处理与分析。利用大数据处理技术

和机器学习算法对收集到的数据进行清洗、整理和分析，提取出对船舶航行安全有影响的关键信息。三是风险评估与预警。根据数据分析结果，利用数学模型和算法对船舶航行过程中的各种风险进行评估和预测，并及时向船舶驾驶员和管理部门发布预警信息^[3]。

2 基于大数据分析的船舶航行安全预警系统设计

2.1 系统总体架构设计

基于大数据分析的船舶航行安全预警系统是一个复杂而综合的系统，其总体架构设计需充分考虑数据的采集、处理、分析及预警发布等多个环节。系统主要由数据采集层、数据处理层、风险评估层、预警发布层以及用户交互层五个核心部分组成，各层之间通过高效的数据传输和接口技术实现无缝连接。

数据采集层是系统的基石，负责从船舶自身传感器、气象站、海洋浮标、AIS系统、卫星遥感等多种数据源中实时或定期收集船舶航行相关的数据。这些数据包括但不限于船舶位置、速度、航向、吃水深度、气象条件、海况信息、航道状况等。为了确保数据的全面性和准确性，数据采集层需具备高度的灵活性和可扩展性，能够适应不同数据源和数据格式的接入需求。

数据处理层是系统的核心，负责对采集到的原始数据进行清洗、转换、整合和存储。通过运用大数据处理框架（如Hadoop、Spark等）和分布式存储技术，系统能够高效处理海量数据，去除噪声和异常值，提取有价值的信息。同时，数据处理层还利用数据挖掘和机器学习算法对数据进行深度分析，发现数据间的潜在关联和规律，为风险评估提供有力支持。

风险评估层是系统的关键，基于数据处理层提供的结果，运用数学模型和算法对船舶航行过程中的各种风险进行评估和预测。风险评估模型需综合考虑船舶自身状态、外部环境因素以及历史数据等多个方面，以准确判断船舶当前面临的航行风险等级。通过实时监测和动态调整风险评估模型，系统能够及时发现潜在的安全隐患，为预警发布提供科学依据。

预警发布层是系统的输出端，负责将风险评估层得出的结果以直观、易懂的方式呈现给船舶驾驶员和管理部门。预警信息可以通过短信、邮件、船舶导航系统、海事管理平台等多种渠道发布，确保信息能够及时、准确地传达给相关人员。同时，预警发布层还根据风险等

级提供相应的应对措施和建议，帮助船舶驾驶员和管理部门迅速做出决策，避免事故的发生。

用户交互层是系统与用户之间的桥梁，提供友好的用户界面和交互方式，方便用户查询航行安全信息、接收预警通知、查看历史数据等。通过用户交互层，船舶驾驶员和管理部门可以实时了解船舶航行状态和安全风险情况，提高决策效率和准确性。

2.2 数据采集与整合技术

数据采集与整合是船舶航行安全预警系统的基础。为了确保数据的全面性和准确性，系统需采用多种数据采集技术，包括传感器技术、卫星遥感技术、AIS技术、物联网技术等。传感器技术可以实时采集船舶自身的各种运行参数；卫星遥感技术可以获取大范围的海洋环境和气象信息；AIS技术可以实时追踪船舶的位置和动态信息；物联网技术则可以实现船舶与岸基、船舶与船舶之间的信息交互和共享。

在数据采集过程中，还需注意数据的标准化和规范化处理。由于不同数据源的数据格式和编码方式可能存在差异，因此需对数据进行统一编码和格式转换，以确保数据的一致性和可比性。同时，为了提高数据的可用性和可维护性，还需建立数据字典和数据仓库，对数据进行分类存储和管理^[4]。

数据整合技术也是系统设计的关键。通过运用数据融合算法和模型，系统可以将来自不同数据源的数据进行有机融合，形成全面、准确的航行安全数据集。数据整合不仅提高了数据的利用价值，还为后续的数据分析和风险评估提供了有力支持。

2.3 风险评估模型与算法

风险评估模型与算法是船舶航行安全预警系统的核心。为了准确评估船舶航行过程中的各种风险，系统需建立科学、合理的风险评估模型，并选用适当的算法进行求解。

风险评估模型需综合考虑船舶自身状态、外部环境因素以及历史数据等多个方面。例如，可以建立基于模糊综合评价的风险评估模型，将船舶航行风险划分为多个等级，并赋予不同的权重和评分标准；也可以建立基于机器学习的风险评估模型，利用历史数据训练模型参数，提高风险评估的准确性和可靠性。

在算法选择方面，可以根据具体需求和场景选用不

同的算法。例如，对于实时性要求较高的场景，可以选用快速排序、决策树等高效算法；对于准确性要求较高的场景，可以选用神经网络、支持向量机等复杂算法。同时，为了提高风险评估的效率和准确性，还可以结合多种算法进行优化和改进。

3 基于大数据分析的船舶航行安全预警系统实现与应用

3.1 系统实现的关键技术

基于大数据分析的船舶航行安全预警系统的实现，依赖于一系列关键技术的支撑。在数据存储与管理方面，系统采用了分布式存储技术，如 Hadoop Distributed File System (HDFS)，以应对海量数据的存储需求。HDFS 具有高容错性、高吞吐量和可扩展性等特点，能够确保数据的安全存储和高效访问。同时，系统还利用 NoSQL 数据库（如 HBase、Cassandra 等）对半结构化和非结构化数据进行存储和管理，以满足不同类型数据的存储需求。在数据处理与分析方面，系统运用了大数据处理框架，如 Apache Spark 和 Flink。这些框架提供了丰富的数据处理 API 和算法库，能够支持数据的实时处理和批处理。通过运用这些框架，系统可以对采集到的船舶航行数据进行清洗、转换、聚合等操作，提取出有价值的信息。此外，系统还采用了机器学习算法，如决策树、随机森林、神经网络等，对船舶航行风险进行预测和评估。这些算法能够自动学习数据中的模式和规律，提高风险评估的准确性和可靠性。

在系统集成与接口方面，系统采用了面向服务的架构 (SOA) 和微服务架构，将各个功能模块封装成独立的服务，通过 API 接口进行通信和交互。这种架构方式提高了系统的灵活性和可扩展性，便于系统的维护和升级。同时，系统还提供了丰富的接口，如 RESTful API、WebSocket 等，方便与其他系统进行集成和数据共享。在系统安全与隐私保护方面，系统采用了多种安全技术和措施，如数据加密、访问控制、身份认证等，确保数据的安全性和隐私性。同时，系统还遵循相关法律法规和行业标准，对数据的采集、存储、处理和共享进行严格的管理和监控。

3.2 系统应用的具体场景

基于大数据分析的船舶航行安全预警系统具有广泛的应用场景。在船舶航行监控方面，系统可以实时监

测船舶的位置、速度、航向等关键信息，对船舶的航行状态进行实时评估和预警。当船舶出现偏离航线、速度异常等情况时，系统可以及时向船舶驾驶员和管理部门发出预警信息，提醒其采取相应措施，避免事故的发生。

在船舶碰撞预警方面，系统可以整合船舶 AIS 数据、雷达数据等多种数据源，对船舶周围的航行环境进行实时监测和分析。当系统检测到船舶之间存在碰撞风险时，可以及时向相关船舶发出碰撞预警信息，并提供避碰建议，帮助船舶驾驶员及时采取措施，避免碰撞事故的发生。

在海洋环境监测方面，系统可以收集和分析海洋气象、海况等数据，对海洋环境进行实时监测和评估。当海洋环境出现恶劣变化时，如台风、暴雨等，系统可以及时向船舶驾驶员和管理部门发出预警信息，提醒其做好防范措施，确保船舶的航行安全。系统还可以应用于船舶设备故障预警、船员行为分析等方面。通过对船舶设备的运行数据进行实时监测和分析，系统可以预测设备可能出现的故障，并提前发出预警信息，以便及时进行维修和更换。同时，通过对船员的行为数据进行分析，系统可以评估船员的操作技能和安全意识，为船员的培训和管理提供有力支持。

3.3 系统应用的成效与评估

基于大数据分析的船舶航行安全预警系统的应用取得了显著的成效。首先，在船舶航行安全方面，系统的应用有效降低了船舶事故的发生率，提高了船舶航行的安全性。通过实时监测和预警潜在的航行风险，船舶驾驶员可以及时采取措施避免事故的发生，从而保障了船舶和船员的生命财产安全。在船舶运营效率方面，系统的应用提高了船舶的运营效率。通过准确预测航行风险和海洋环境变化，船舶运营企业可以合理安排航线和航速，降低运营成本，提高运营效率。同时，系统还可以为船舶的维修和保养提供有力支持，延长船舶的使用寿命。

为了评估系统的应用成效，可以采用多种评估指标和方法。例如，可以通过对比系统应用前后的船舶事故发生率、运营效率等指标来评估系统的效果。同时，还可以采用用户满意度调查、专家评审等方法来评估系统的实用性和可靠性。通过不断评估和改进系统，可以进一步提高系统的性能和效果，为船舶航行安全提供更加有力的保障。

3.4 系统发展的前景与挑战

随着大数据技术的不断发展和完善，基于大数据分析的船舶航行安全预警系统具有广阔的发展前景。未来，系统将进一步整合更多的数据源，提高数据处理的效率和准确性。同时，系统还将引入更多的智能算法和模型，提高风险评估和预警的智能化水平。此外，系统还将加强与其他系统的集成和协同，形成更加完善的船舶航行安全保障体系。

然而，系统的发展也面临着一些挑战。例如，数据质量和数据安全问题仍然是制约系统发展的关键因素。为了提高数据质量，需要加强数据的采集、存储和管理，确保数据的准确性和完整性。同时，为了保障数据安全，需要加强数据的安全技术和措施，防止数据泄露和滥用。此外，系统的智能化水平还有待进一步提高，需要不断引入新的智能算法和模型，提高系统的自适应能力和学习能力^[5]。

4 结束语

随着大数据技术的不断发展和完善，基于大数据分

析的船舶航行安全预警系统将在船舶运输领域发挥越来越重要的作用。通过整合和分析船舶运营过程中产生的大量数据，该系统能够实时监测和预警船舶航行过程中的各种风险，为船舶驾驶员提供及时有效的决策支持。未来，随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展，该系统有望在船舶安全预警、船舶运营管理等方面发挥更大的作用，为船舶运输行业的安全发展提供有力保障。

参考文献

- [1] 许志广, 刘建卿. 基于大数据分析的船舶航行安全自动评估系统设计简[J]. 舰船科学技术, 2018(0):31-33.
- [2] 彭贵胜. 基于船舶能效和恶劣海况航行安全的快速性研究[D]. 辽宁: 大连理工大学, 2021.

作者简介: 黄家顺, 1990.05, 男, 民族: 汉族, 籍贯: 浙江省衢州, 学历: 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 船舶工程。