



(21) 申请号 202411586315.9

(22) 申请日 2024.11.08

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 119476830 A

(43) 申请公布日 2025.02.18

(73) 专利权人 交通运输部东海航海保障中心

地址 200086 上海市虹口区四平路190号

专利权人 交通运输部水运科学研究所

(72) 发明人 吴宇晓 王娟 曹源 陈欣 朱超

孙尧 徐怡然 洛佳男 陈顺彬

王瑞然 钟驿璐

(74) 专利代理机构 北京信屹山海知识产权代理

事务所(普通合伙) 16387

专利代理师 尚会立

(51) Int.Cl.

G06Q 10/0631 (2023.01)

G06Q 10/0635 (2023.01)

G06Q 10/0831 (2023.01)

G06F 18/211 (2023.01)

G06F 18/243 (2023.01)

G06N 5/01 (2023.01)

G06F 16/29 (2019.01)

G06F 30/27 (2020.01)

G01D 21/02 (2006.01)

G08G 3/00 (2006.01)

G06F 111/10 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 117217097 A, 2023.12.12

CN 117968648 A, 2024.05.03

审查员 李珺

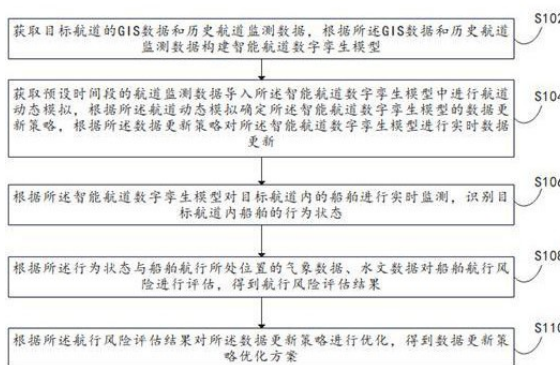
权利要求书4页 说明书11页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于数字孪生的智能航道管理方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于数字孪生的智能航道管理方法及系统。该方法包括：获取目标航道的GIS数据和历史监测数据，构建智能航道数字孪生模型；导入预设时间段的航道监测数据，进行动态模拟，确定并实时更新模型的数据更新策略；通过模型对目标航道内船舶进行实时监测，识别船舶行为状态；结合船舶行为、气象和水文数据，评估航行风险，生成风险评估结果；根据评估结果优化数据更新策略。该方法提高了航道管理的智能化和船舶航行安全性。



1. 一种基于数字孪生的智能航道管理方法,其特征在于,包括以下步骤:

获取目标航道的GIS数据和历史航道监测数据,根据所述GIS数据和历史航道监测数据构建智能航道数字孪生模型;

获取预设时间段的航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟,根据所述航道动态模拟确定所述智能航道数字孪生模型的数据更新策略,根据所述数据更新策略对所述智能航道数字孪生模型进行实时数据更新;

根据所述智能航道数字孪生模型对目标航道内的船舶进行实时监测,识别目标航道内船舶的行为状态;

根据所述行为状态与船舶航行所处位置的气象数据、水文数据对船舶航行风险进行评估,得到航行风险评估结果;

根据所述航行风险评估结果对所述数据更新策略进行优化,得到数据更新策略优化方案;

所述获取预设时间段的航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟,根据所述航道动态模拟确定所述智能航道数字孪生模型的数据更新策略,具体为:

预设所述智能航道数字孪生模型的数据监测周期,获取当前数据监测周期的航道监测数据,将所述航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟,将目标航道基于地理位置划分为N个子区域;

获取每个子区域在航道动态模拟过程中的航道监测模拟变化数据,根据所述航道监测模拟变化数据确定航道监测模拟变化数据的每个数据特征的取值范围;

预设每个数据特征取值范围的数据分割宽度,根据所述数据分割宽度将所述每个数据特征的区域范围进行等宽离散化操作,得到每个数据特征的数据分布区间;

根据所述航道监测模拟变化数据计算每个数据特征的每个数据分布区间的数据出现频率,根据所述数据出现频率计算每个数据分布区间的概率分布;

基于信息熵评估方法对所述概率分布进行分析,计算每个子区域的每个数据特征的信息熵,根据所述信息熵评估每个子区域的每个数据特征的数据冗余度;

根据所述每个子区域的每个数据特征的数据冗余度构建每个数据特征在目标航道每个子区域的数据特征-冗余度分布图;

根据所述数据特征-冗余度分布图对每个子区域的航道模拟监测变化数据进行综合冗余度评估,得到每个子区域在当前数据监测周期的综合冗余度评估结果;

获取每个子区域在当前数据监测周期的数据更新频率,预设第一综合冗余度阈值和第二综合冗余度阈值;

根据所述综合冗余度评估结果,若子区域在当前数据监测周期的综合冗余度小于第一综合冗余度阈值,增加下一数据监测周期的数据更新频率,若综合冗余度大于或等于第一综合冗余度阈值且小于第二综合冗余度阈值,在下一数据监测周期保持现有数据更新频率,若综合冗余度大于或等于第二综合冗余度阈值,降低下一数据监测周期的数据更新频率,得到智能航道数字孪生模型的数据更新策略。

2. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的智能航道管理方法,其特征在于,所述获取目标航道的GIS数据和历史航道监测数据,根据所述GIS数据和历史航道监测数据构建智能航道数字孪生模型,具体为:

获取目标航道的GIS数据,所述GIS数据包括目标航道的地形数据、地貌数据、航道设施位置信息、航道的空间坐标、长度、宽度、深度数据;

根据所述目标航道的GIS数据提取航道的边界、岸线和航道中心线,根据目标航道的地形数据和航道的边界、岸线和航道中心线提取航道的横向与纵向断面信息;

基于线性插值法对所述横向与纵向断面信息进行空间插值操作,对目标航道的横向与纵向断面的连续曲线变化进行拟合,根据拟合的横向与纵向断面信息构建目标航道的三维几何模型,并根据所述地貌数据对三维几何模型进行地貌纹理映射,构建航道设施几何模型映射于三维几何模型中;

获取目标航道的历史航道监测数据,所述历史航道监测数据包括目标航道的气象数据、船舶AIS数据、水文数据;

将所述气象数据与水文数据进行时间同步分析,确定不同气象条件对目标航道的水文影响,得到气象-水文影响数据;

根据所述气象数据和水文数据构建目标航道的天气环境模拟模型和水动力学模型,并根据所述气象-水文影响数据确定所述天气环境模拟模型与水动力学模型之间的同步变化关系;

根据所述三维几何模型、天气环境模拟模型和水动力学模型、天气环境模拟模型与水动力学模型之间的同步变化关系构建基于数字孪生技术的智能航道数字孪生模型;

将所述船舶AIS数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行数据拟合,实时更新目标航道的船舶动态,得到完整的智能航道数字孪生模型。

3. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的智能航道管理方法,其特征在于,所述根据所述智能航道数字孪生模型对目标航道内的船舶进行实时监测,识别目标航道内船舶的行为状态,具体为:

获取船舶历史行为状态数据,根据所述船舶历史行为状态数据提取不同行为状态的航行特征,将所述不同行为状态的航行特征构建航行特征数据库;

基于决策树算法构建船舶行为状态识别模型,将信息增益特征选择准则作为所述船舶行为状态识别模型的数据划分准则,将航行特征数据库中的航行特征作为模型输入、行为状态作为模型输出导入所述船舶行为状态识别模型中构建决策树,根据构建的决策时对模型进行训练操作;

根据所述智能航道数字孪生模型获取目标航道中的实时船舶航行数据,所述实时船舶航行数据包括目标航道中的船舶在每个数据更新频率下的航行速度、方向、位置;

将所述实时船舶航行数据导入所述船舶行为状态识别模型中,对目标航道内船舶的行为状态进行实时识别,得到识别结果。

4. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的智能航道管理方法,其特征在于,所述根据所述行为状态与船舶航行所处位置的气象数据、水文数据对船舶航行风险进行评估,得到航行风险评估结果,具体为:

根据所述智能航道数字孪生模型获取目标航道中的船舶基本信息、船舶航行所处位置的气象数据和水文数据,根据所述船舶基本信息、船舶航行所处位置的气象数据和水文数据对船舶航行所处位置的航行适宜度进行评估,得到航行适宜度评估结果;

根据所述行为状态识别航行船舶是否存在异常航行行为,所述异常航行行为包括超速

航行、船舶之间危险接近、偏离航道、停泊；

若不存在异常航行行为，根据航行适宜度评估结果对目标航道船舶进行风险评估，若存在异常航行行为，则根据异常航行行为和所述航行适宜度评估结果对目标航道船舶进行风险评估，得到航行风险评估结果。

5. 根据权利要求1所述的一种基于数字孪生的智能航道管理方法，其特征在于，所述根据所述航行风险评估结果对所述数据更新策略进行优化，得到数据更新策略优化方案，具体为：

预设航行风险阈值，根据所述航行风险评估结果对大于所述航行风险阈值的船舶进行标记，得到标记船舶；

根据实时船舶航行数据确定所述标记船舶的位置信息，根据所述标记船舶的位置信息确定标记船舶在目标航道中所处的子区域，标定为待数据更新策略优化区域；

对所述待数据更新策略优化区域的数据更新频率进行二次调整；

获取所述待数据更新策略优化区域内的船舶数量信息，根据所述船舶数量信息确定待数据更新策略优化区域内船舶的网络传输竞争状态；

根据所述网络传输竞争状态评估所述待数据更新策略优化区域内船舶的数据传输延迟，获取所述数据更新策略优化区域调整后的数据更新频率所需的网络传输速度需求，根据所述网络传输速度需求确定数据传输延迟接受阈值；

构建每个子区域的数据传输缓冲区，若待数据更新策略优化区域的数据传输延迟大于数据传输延迟接受阈值，将待数据更新策略优化区域的非标记船舶的AIS数据、气象数据、水文数据导入数据传输缓冲区中，等待标记船舶的AIS数据传输完成后对数据传输缓冲区中的数据进行传输，得到目标航道每个子区域的数据更新策略优化方案。

6. 一种基于数字孪生的智能航道管理系统，其特征在于，所述基于数字孪生的智能航道管理系统包括储存器以及处理器，所述储存器包括基于数字孪生的智能航道管理方法程序，所述基于数字孪生的智能航道管理方法程序被所述处理器执行时，实现如下步骤：

获取目标航道的GIS数据和历史航道监测数据，根据所述GIS数据和历史航道监测数据构建智能航道数字孪生模型；

获取预设时间段的航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟，根据所述航道动态模拟确定所述智能航道数字孪生模型的数据更新策略，根据所述数据更新策略对所述智能航道数字孪生模型进行实时数据更新；

根据所述智能航道数字孪生模型对目标航道内的船舶进行实时监测，识别目标航道内船舶的行为状态；

根据所述行为状态与船舶航行所处位置的气象数据、水文数据对船舶航行风险进行评估，得到航行风险评估结果；

根据所述航行风险评估结果对所述数据更新策略进行优化，得到数据更新策略优化方案；

所述获取预设时间段的航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟，根据所述航道动态模拟确定所述智能航道数字孪生模型的数据更新策略，具体为：

预设所述智能航道数字孪生模型的数据监测周期，获取当前数据监测周期的航道监测数据，将所述航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟，将目标

航道基于地理位置划分为N个子区域；

获取每个子区域在航道动态模拟过程中的航道监测模拟变化数据,根据所述航道监测模拟变化数据确定航道监测模拟变化数据的每个数据特征的取值范围；

预设每个数据特征取值范围的数据分割宽度,根据所述数据分割宽度将所述每个数据特征的区域范围进行等宽离散化操作,得到每个数据特征的数据分布区间；

根据所述航道监测模拟变化数据计算每个数据特征的每个数据分布区间的数据出现频率,根据所述数据出现频率计算每个数据分布区间的概率分布；

基于信息熵评估方法对所述概率分布进行分析,计算每个子区域的每个数据特征的信息熵,根据所述信息熵评估每个子区域的每个数据特征的数据冗余度；

根据所述每个子区域的每个数据特征的数据冗余度构建每个数据特征在目标航道每个子区域的数据特征-冗余度分布图；

根据所述数据特征-冗余度分布图对每个子区域的航道模拟监测变化数据进行综合冗余度评估,得到每个子区域在当前数据监测周期的综合冗余度评估结果；

获取每个子区域在当前数据监测周期的数据更新频率,预设第一综合冗余度阈值和第二综合冗余度阈值；

根据所述综合冗余度评估结果,若子区域在当前数据监测周期的综合冗余度小于第一综合冗余度阈值,增加下一数据监测周期的数据更新频率,若综合冗余度大于或等于第一综合冗余度阈值且小于第二综合冗余度阈值,在下一数据监测周期保持现有数据更新频率,若综合冗余度大于或等于第二综合冗余度阈值,降低下一数据监测周期的数据更新频率,得到智能航道数字孪生模型的数据更新策略。

一种基于数字孪生的智能航道管理方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及数字孪生技术领域,特别涉及一种基于数字孪生的智能航道管理方法及系统。

背景技术

[0002] 随着全球航运业的发展,海洋航道的安全性和航运效率越来越受到关注,特别是深水航道的测量和管理,已成为确保航行安全、提升航道通行效率的关键任务。为此,国际航海组织(IMO)和国际海道测量组织(IHO)提出了S-100系列标准,用于支持数字海图和相关服务的现代化和标准化。其中,S-102标准是S-100框架下的水深三维数据产品标准,旨在提供更加精确的水深信息,以满足复杂航道的导航需求。

[0003] 然而,现有S-102标准仍面临若干挑战和技术瓶颈。首先,深水航道的水深测量数据量巨大,尤其在高分辨率、广覆盖的水下地形数据处理中,实际使用的数据量不到总测量数据的1%,以至于生产的冗余数据量巨大,因此如何高效利用这些数据成为当前亟待解决的问题。其次,现有标准缺乏对船舶行为状态的智能识别手段,难以及时发现并处理潜在的航行风险;最后,数据更新策略较为单一,无法根据航道的动态变化和风险评估结果灵活调整数据更新频率,导致管理效率不高,无法满足现代航运业对高效、安全管理的需求

[0004] 基于此背景,亟需提出一种基于数字孪生技术的智能航道管理方法及系统,通过优化水深三维数据产品与信息服务系统,建立一个集成的、动态的航道管理模型,能够实时更新航道数据、监测船舶状态,并进行航行风险评估与管理。这将大大提高航道管理的智能化水平,保障航运安全,提升航道通行效率。

发明内容

[0005] 为了解决上述至少一个技术问题,本发明提出了一种基于数字孪生的智能航道管理方法及系统。

[0006] 本发明第一方面提供了一种基于数字孪生的智能航道管理方法,包括:

[0007] 获取目标航道的GIS数据和历史航道监测数据,根据所述GIS数据和历史航道监测数据构建智能航道数字孪生模型;

[0008] 获取预设时间段的航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟,根据所述航道动态模拟确定所述智能航道数字孪生模型的数据更新策略,根据所述数据更新策略对所述智能航道数字孪生模型进行实时数据更新;

[0009] 根据所述智能航道数字孪生模型对目标航道内的船舶进行实时监测,识别目标航道内船舶的行为状态;

[0010] 根据所述行为状态与船舶航行所处位置的气象数据、水文数据对船舶航行风险进行评估,得到航行风险评估结果;

[0011] 根据所述航行风险评估结果对所述数据更新策略进行优化,得到数据更新策略优化方案。

[0012] 本方案中,所述获取目标航道的GIS数据和历史航道监测数据,根据所述GIS数据和历史航道监测数据构建智能航道数字孪生模型,具体为:

[0013] 获取目标航道的GIS数据,所述GIS数据包括目标航道的地形数据、地貌数据、航道设施位置信息、航道的空间坐标、长度、宽度、深度数据;

[0014] 根据所述目标航道的GIS数据提取航道的边界、岸线和航道中心线,根据目标航道的地形数据和航道的边界、岸线和航道中心线提取航道的横向与纵向断面信息;

[0015] 基于线性插值法对所述横向与纵向断面信息进行空间插值操作,对目标航道的横向与纵向断面的连续曲线变化进行拟合,根据拟合的横向与纵向断面信息构建目标航道的三维几何模型,并根据所述地貌数据对三维几何模型进行地貌纹理映射,构建航道设施几何模型映射于三维几何模型中;

[0016] 获取目标航道的历史航道监测数据,所述历史航道监测数据包括目标航道的气象数据、船舶AIS数据、水文数据;

[0017] 将所述气象数据与水文数据进行时间同步分析,确定不同气象条件对目标航道的水文影响,得到气象-水文影响数据;

[0018] 根据所述气象数据和水文数据构建目标航道的天气环境模拟模型和水动力学模型,并根据所述气象-水文影响数据确定所述天气环境模拟模型与水动力学模型之间的同步变化关系;

[0019] 根据所述三维几何模型、天气环境模拟模型和水动力学模型、天气环境模拟模型与水动力学模型之间的同步变化关系构建基于数字孪生技术的智能航道数字孪生模型;

[0020] 将所述船舶AIS数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行数据拟合,实时更新目标航道的船舶动态,得到完整的智能航道数字孪生模型。

[0021] 本方案中,所述获取预设时间段的航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟,根据所述航道动态模拟确定所述智能航道数字孪生模型的数据更新策略,具体为:

[0022] 预设所述智能航道数字孪生模型的数据监测周期,获取当前数据监测周期的航道监测数据,将所述航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟,将目标航道基于地理位置划分为N个子区域;

[0023] 获取每个子区域在航道动态模拟过程中的航道监测模拟变化数据,根据所述航道监测模拟变化数据确定航道监测模拟变化数据的每个数据特征的取值范围;

[0024] 预设每个数据特征取值范围的数据分割宽度,根据所述数据分割宽度将所述每个数据特征的区域范围进行等宽离散化操作,得到每个数据特征的数据分布区间;

[0025] 根据所述航道监测模拟变化数据计算每个数据特征的每个数据分布区间的数据出现频率,根据所述数据出现频率计算每个数据分布区间的概率分布;

[0026] 基于信息熵评估方法对所述概率分布进行分析,计算每个子区域的每个数据特征的信息熵,根据所述信息熵评估每个子区域的每个数据特征的数据冗余度;

[0027] 根据所述每个子区域的每个数据特征的数据冗余度构建每个数据特征在目标航道每个子区域的数据特征-冗余度分布图;

[0028] 根据所述数据特征-冗余度分布图对每个子区域的航道模拟监测变化数据进行综合冗余度评估,得到每个子区域在当前数据监测周期的综合冗余度评估结果;

[0029] 获取每个子区域在当前数据监测周期的数据更新频率,预设第一综合冗余度阈值和第二综合冗余度阈值;

[0030] 根据所述综合冗余度评估结果,若子区域在当前数据监测周期的综合冗余度小于第一综合冗余度阈值,增加下一数据监测周期的数据更新频率,若综合冗余度大于或等于第一综合冗余度阈值且小于第二综合冗余度阈值,在下一数据监测周期保持现有数据更新频率,若综合冗余度大于或等于第二综合冗余度阈值,降低下一数据监测周期的数据更新频率,得到智能航道数字孪生模型的数据更新策略。

[0031] 本方案中,所述根据所述智能航道数字孪生模型对目标航道内的船舶进行实时监测,识别目标航道内船舶的行为状态,具体为:

[0032] 获取船舶历史行为状态数据,根据所述船舶历史行为状态数据提取不同行为状态的航行特征,将所述不同行为状态的航行特征构建航行特征数据库;

[0033] 基于决策树算法构建船舶行为状态识别模型,将信息增益特征选择准则作为所述船舶行为状态识别模型的数据划分准则,将航行特征数据库中的航行特征作为模型输入、行为状态作为模型输出导入所述船舶行为状态识别模型中构建决策树,根据构建的决策时对模型进行训练操作;

[0034] 根据所述智能航道数字孪生模型获取目标航道中的实时船舶航行数据,所述实时船舶航行数据包括目标航道中的船舶在每个数据更新频率下的航行速度、方向、位置;

[0035] 将所述实时船舶航行数据导入所述船舶行为状态识别模型中,对目标航道内船舶的行为状态进行实时识别,得到识别结果。

[0036] 本方案中,所述根据所述行为状态与船舶航行所处位置的气象数据、水文数据对船舶航行风险进行评估,得到航行风险评估结果,具体为:

[0037] 根据所述智能航道数字孪生模型获取目标航道中的船舶基本信息、船舶航行所处位置的气象数据和水文数据,根据所述船舶基本信息、船舶航行所处位置的气象数据和水文数据对船舶航行所处位置的航行适宜度进行评估,得到航行适宜度评估结果;

[0038] 根据所述行为状态识别航行船舶是否存在异常航行行为,所述异常航行行为包括超速航行、船舶之间危险接近、偏离航道、停泊;

[0039] 若不存在异常航行行为,根据航行适宜度评估结果对目标航道船舶进行风险评估,若存在异常航行行为,则根据异常航行行为和所述航行适宜度评估结果对目标航道船舶进行风险评估,得到航行风险评估结果。

[0040] 本方案中,所述根据所述航行风险评估结果对所述数据更新策略进行优化,得到数据更新策略优化方案,具体为:

[0041] 预设航行风险阈值,根据所述航行风险评估结果对大于所述航行风险阈值的船舶进行标记,得到标记船舶;

[0042] 根据实时船舶航行数据确定所述标记船舶的位置信息,根据所述标记船舶的位置信息确定标记船舶在目标航道中所处的子区域,标定为待数据更新策略优化区域;

[0043] 对所述待数据更新策略优化区域的数据更新频率进行二次调整;

[0044] 获取所述待数据更新策略优化区域内的船舶数量信息,根据所述船舶数量信息确定待数据更新策略优化区域内船舶的网络传输竞争状态;

[0045] 根据所述网络传输竞争状态评估所述待数据更新策略优化区域内船舶的数据传

输延迟,获取所述数据更新策略优化区域调整后的数据更新频率所需的网络传输速度需求,根据所述网络传输速度需求确定数据传输延迟接受阈值;

[0046] 构建每个子区域的数据传输缓冲区,若待数据更新策略优化区域的数据传输延迟大于数据传输延迟接受阈值,将待数据更新策略优化区域的非标记船舶的AIS数据、气象数据、水文数据导入数据传输缓冲区中,等待标记船舶的AIS数据传输完成后对数据传输缓冲区中的数据进行传输,得到目标航道每个子区域的数据更新策略优化方案。

[0047] 本发明第二方面还提供了一种基于数字孪生的智能航道管理系统,该系统包括:存储器、处理器,所述存储器中包括基于数字孪生的智能航道管理方法程序,所述基于数字孪生的智能航道管理方法程序被所述处理器执行时,实现如下步骤:

[0048] 获取目标航道的GIS数据和历史航道监测数据,根据所述GIS数据和历史航道监测数据构建智能航道数字孪生模型;

[0049] 获取预设时间段的航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟,根据所述航道动态模拟确定所述智能航道数字孪生模型的数据更新策略,根据所述数据更新策略对所述智能航道数字孪生模型进行实时数据更新;

[0050] 根据所述智能航道数字孪生模型对目标航道内的船舶进行实时监测,识别目标航道内船舶的行为状态;

[0051] 根据所述行为状态与船舶航行所处位置的气象数据、水文数据对船舶航行风险进行评估,得到航行风险评估结果;

[0052] 根据所述航行风险评估结果对所述数据更新策略进行优化,得到数据更新策略优化方案。

[0053] 本发明公开了一种基于数字孪生的智能航道管理方法及系统。该方法包括:获取目标航道的GIS数据和历史监测数据,构建智能航道数字孪生模型;导入预设时间段的航道监测数据,进行动态模拟,确定并实时更新模型的数据更新策略;通过模型对目标航道内船舶进行实时监测,识别船舶行为状态;结合船舶行为、气象和水文数据,评估航行风险,生成风险评估结果;根据评估结果优化数据更新策略。该方法提高了航道管理的智能化和船舶航行安全性。

附图说明

[0054] 图1示出了本发明一种基于数字孪生的智能航道管理方法的流程图;

[0055] 图2示出了本发明识别目标航道内船舶的行为状态的流程图;

[0056] 图3示出了本发明得到航行风险评估结果的流程图;

[0057] 图4示出了本发明一种基于数字孪生的智能航道管理系统的框图。

具体实施方式

[0058] 为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点,下面结合附图和具体实施方式对本发明进行进一步的详细描述。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0059] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是,本发明还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施,因此,本发明的保护范围并不受下面公开

的具体实施例的限制。

[0060] 图1示出了本发明一种基于数字孪生的智能航道管理方法的流程图。

[0061] 如图1所示,本发明第一方面提供了一种基于数字孪生的智能航道管理方法,包括:

[0062] S102,获取目标航道的GIS数据和历史航道监测数据,根据所述GIS数据和历史航道监测数据构建智能航道数字孪生模型;

[0063] S104,获取预设时间段的航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟,根据所述航道动态模拟确定所述智能航道数字孪生模型的数据更新策略,根据所述数据更新策略对所述智能航道数字孪生模型进行实时数据更新;

[0064] S106,根据所述智能航道数字孪生模型对目标航道内的船舶进行实时监测,识别目标航道内船舶的行为状态;

[0065] S108,根据所述行为状态与船舶航行所处位置的气象数据、水文数据对船舶航行风险进行评估,得到航行风险评估结果;

[0066] S110,根据所述航行风险评估结果对所述数据更新策略进行优化,得到数据更新策略优化方案。

[0067] 需要说明的是,通过获取目标航道的地理信息系统(GIS)数据和历史监测数据,能够为航道构建一个高度仿真的数字孪生模型。该模型包含了航道的地理位置、物理特征以及历史数据反映的水文、气象等因素,可以全面、准确地反映实际航道情况;通过实时导入特定时间段内的航道监测数据(如水文、气象和航道使用信息等)并结合数字孪生模型进行动态模拟,基于航道动态模拟的结果,能够制定优化的数据更新策略,能够避免不必要的频繁更新,减少系统的计算负载和资源浪费。例如,在航道条件较为稳定时,可以减少更新频率,从而降低计算、存储和通信的资源消耗。这不仅能优化系统的运行效率,还能降低运维成本,减少系统的数据冗余量,避免系统产生大量的低价值数据;通过构建的智能航道数字孪生模型对目标航道的船舶进行行为监测与航行风险评估,基于风险评估结果,能够对原有的数据更新策略进行优化,提高航道监控的效率和灵活性,使航道管理系统能够在风险变化时迅速做出调整。

[0068] 根据本发明实施例,所述获取目标航道的GIS数据和历史航道监测数据,根据所述GIS数据和历史航道监测数据构建智能航道数字孪生模型,具体为:

[0069] 获取目标航道的GIS数据,所述GIS数据包括目标航道的地形数据、地貌数据、航道设施位置信息、航道的空间坐标、长度、宽度、深度数据;

[0070] 根据所述目标航道的GIS数据提取航道的边界、岸线和航道中心线,根据目标航道的地形数据和航道的边界、岸线和航道中心线提取航道的横向与纵向断面信息;

[0071] 基于线性插值法对所述横向与纵向断面信息进行空间插值操作,对目标航道的横向与纵向断面的连续曲线变化进行拟合,根据拟合的横向与纵向断面信息构建目标航道的三维几何模型,并根据所述地貌数据对三维几何模型进行地貌纹理映射,构建航道设施几何模型映射于三维几何模型中;

[0072] 获取目标航道的历史航道监测数据,所述历史航道监测数据包括目标航道的气象数据、船舶AIS数据、水文数据;

[0073] 将所述气象数据与水文数据进行时间同步分析,确定不同气象条件对目标航道的

水文影响,得到气象-水文影响数据;

[0074] 根据所述气象数据和水文数据构建目标航道的天气环境模拟模型和水动力学模型,并根据所述气象-水文影响数据确定所述天气环境模拟模型与水动力学模型之间的同步变化关系;

[0075] 根据所述三维几何模型、天气环境模拟模型和水动力学模型、天气环境模拟模型与水动力学模型之间的同步变化关系构建基于数字孪生技术的智能航道数字孪生模型;

[0076] 将所述船舶AIS数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行数据拟合,实时更新目标航道的船舶动态,得到完整的智能航道数字孪生模型。

[0077] 需要说明的是,通过获取目标航道的GIS数据提取航道的横向与纵向断面信息,横向断面信息描述航道在某一横切面上的形状,纵向断面信息反映航道在顺流方向上的高低起伏,由于获取GIS数据离散的,通过线性插值法,可以将离散的横向和纵向断面数据转化为连续的曲线,填补数据的空白区域,从而提供更为全面和细致的航道几何信息,进而构建出完成航道三维几何模型;通过对气象数据和水文数据进行时间同步分析,能够揭示不同气象条件对水文特征的影响,通过确定天气环境模拟模型与水动力学模型之间的同步变化关系,可以实现对航道状况的更为精准的动态监控,结合三维几何模型、天气环境模拟模型和水动力学模型,构建的智能航道数字孪生模型能够展示航道的实时状态;所述船舶AIS数据包括船舶类型、位置、航速、航向、吃水深度信息;所述水文数据包括水流速度、水位深度、水流方向数据,若目标航道为海道则还包括浪高数据。

[0078] 根据本发明实施例,所述获取预设时间段的航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟,根据所述航道动态模拟确定所述智能航道数字孪生模型的数据更新策略,具体为:

[0079] 预设所述智能航道数字孪生模型的数据监测周期,获取当前数据监测周期的航道监测数据,将所述航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟,将目标航道基于地理位置划分为N个子区域;

[0080] 获取每个子区域在航道动态模拟过程中的航道监测模拟变化数据,根据所述航道监测模拟变化数据确定航道监测模拟变化数据的每个数据特征的取值范围;

[0081] 预设每个数据特征取值范围的数据分割宽度,根据所述数据分割宽度将所述每个数据特征的区域范围进行等宽离散化操作,得到每个数据特征的数据分布区间;

[0082] 根据所述航道监测模拟变化数据计算每个数据特征的每个数据分布区间的数据出现频率,根据所述数据出现频率计算每个数据分布区间的概率分布;

[0083] 需要说明的是,所述航道监测模拟变化数据为在航道动态模拟过程中的航道气象变化数据、船舶AIS变化数据、水文变化数据,且当只有子区域中有船舶航行时,子区域才会有船舶AIS变化数据;所述数据特征为航道监测模拟变化数据中包含的数据项目;所述等宽离散化操作为将航道监测模拟变化数据的时间序列数据的取值范围等分为若干个区间。例如,假设水位变化范围是0到10米,可以将其划分为5个区间:0-2、2-4、4-6、6-8、8-10;所述概率分布即该区间出现的次数除以总数据点的数量,例如在进行航道动态模拟的过程中采集了100个动态变化的水位变化数据点,0-2的区间内有10个数据点,则0-2区间内的概率分布即为0.1。

[0084] 基于信息熵评估方法对所述概率分布进行分析,计算每个子区域的每个数据特征

的信息熵,根据所述信息熵评估每个子区域的每个数据特征的数据冗余度;

[0085] 根据所述每个子区域的每个数据特征的数据冗余度构建每个数据特征在目标航道每个子区域的数据特征-冗余度分布图;

[0086] 需要说明的是,信息熵高:表示该区域的数据分布较为均匀,信息量大,变化较复杂,意味着该区域的数据冗余度较低,需要更高的更新频率和采样精度;信息熵低:表示该区域数据集中在少数几个区间,信息量较少,变化较小,意味着该区域的数据冗余度较高,可以降低数据更新频率;所述数据特征-冗余度分布图即为每个数据特征的数据冗余度在目标航道的分布情况。

[0087] 根据所述数据特征-冗余度分布图对每个子区域的航道模拟监测变化数据进行综合冗余度评估,得到每个子区域在当前数据监测周期的综合冗余度评估结果;

[0088] 获取每个子区域在当前数据监测周期的数据更新频率,预设第一综合冗余度阈值和第二综合冗余度阈值;

[0089] 根据所述综合冗余度评估结果,若子区域在当前数据监测周期的综合冗余度小于第一综合冗余度阈值,增加下一数据监测周期的数据更新频率,若综合冗余度大于或等于第一综合冗余度阈值且小于第二综合冗余度阈值,在下一数据监测周期保持现有数据更新频率,若综合冗余度大于或等于第二综合冗余度阈值,降低下一数据监测周期的数据更新频率,得到智能航道数字孪生模型的数据更新策略。

[0090] 需要说明的是,在智能航道数字孪生模型对目标航道的监测过程中,往往需要大量数据来实现模型的实时数据更新,以体现最新的航道情况,但是由于目标航道中大部分区域的数据在一定的时间段内都处于数据不变的状态,持续对这种数据进行更新会大大造成数据的冗余更新;因此通过确定数据监测周期,并将目标航道划分为N个子区域,获取当前数据监测周期的航道监测数据导入智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟,通过信息熵分析方法根据每个子区域的航道监测模拟变化数据评估每个子区域内的数据信息熵,进而判断每个子区域的数据冗余度,最终根据数据冗余度构建智能航道数字孪生模型的数据更新策略;针对不同的航道环境和动态情况,自动调整数据监测的重点和频率。这意味着在数据变化量大的子区域会有更高频率的数据监测,而在相对稳定的区域则可以降低监测频率,从而实现资源的优化配置;在一些受环境影响较大的子区域(如潮汐作用频繁、水流急速或船只密集的区域),航道条件可能随时间迅速变化。如果保持原有的数据更新频率,可能无法及时捕捉环境的细微变化,导致航道管理系统响应滞后。在这种情况下,通过综合冗余度评估发现冗余度较低,系统可以自动增加数据更新频率,确保航道监测的实时性和准确性;某些子区域可能处于相对稳定的航道环境中,如航道宽广、船只稀少或水流平缓的区域。在此类场景中,航道条件变化较小,监测数据的冗余度较高。若持续以较高的频率进行数据更新,可能会浪费系统资源且增加不必要的数据处理压力。通过评估发现冗余度较大,系统可以降低数据更新频率,从而减少资源消耗;在一些子区域,航道变化介于剧烈与稳定之间,数据冗余度既不低也不高,处于一个中间状态。在这种情况下,频繁调整数据更新频率可能反而导致系统不稳定。通过评估若发现冗余度介于第一阈值和第二阈值之间,系统可以选择保持现有的数据更新频率,以维持监测的平衡性和稳定性,不造成不必要的资源波动;综合冗余度为每个数据特征的冗余度乘以相应的权重之和得到的。

[0091] 图2示出了本发明识别目标航道内船舶的行为状态的流程图。

[0092] 根据本发明实施例,所述根据所述智能航道数字孪生模型对目标航道内的船舶进行实时监测,识别目标航道内船舶的行为状态,具体为:

[0093] S202,获取船舶历史行为状态数据,根据所述船舶历史行为状态数据提取不同行为状态的航行特征,将所述不同行为状态的航行特征构建航行特征数据库;

[0094] S204,基于决策树算法构建船舶行为状态识别模型,将信息增益特征选择准则作为所述船舶行为状态识别模型的数据划分准则,将航行特征数据库中的航行特征作为模型输入、行为状态作为模型输出导入所述船舶行为状态识别模型中构建决策树,根据构建的决策树对模型进行训练操作;

[0095] S206,根据所述智能航道数字孪生模型获取目标航道中的实时船舶航行数据,所述实时船舶航行数据包括目标航道中的船舶在每个数据更新频率下的航行速度、方向、位置;

[0096] S208,将所述实时船舶航行数据导入所述船舶行为状态识别模型中,对目标航道内船舶的行为状态进行实时识别,得到识别结果。

[0097] 需要说明的是,决策树算法是一种基于特征选择的分类算法,能够快速根据航行特征对船舶的行为状态进行划分。通过信息增益作为特征选择准则,能够有效识别船舶的不同行为状态(如正常航行、减速、转弯、靠泊等),提高了识别的精度和效率。这使得航道管理者可以及时掌握船舶的动态行为,并根据识别结果进行针对性的管理和干预;基于智能航道数字孪生模型获取的实时船舶航行数据,结合决策树算法构建的船舶行为状态识别模型,可以在不同的监测频率下对船舶的航行状态进行动态更新和识别。通过将船舶的实时速度、方向、位置等数据输入模型,可以实时跟踪航道内船舶的运行状况;所述历史行为状态数据包括停泊、加减速、转向、紧急刹车、避让操作、船舶之间的危险接近;所述航行特征包括航行速度与航行方向的变化特征、位置变化特征、船舶之间的相对位置特征。

[0098] 图3示出了本发明得到航行风险评估结果的流程图。

[0099] 根据本发明实施例,所述根据所述行为状态与船舶航行所处位置的气象数据、水文数据对船舶航行风险进行评估,得到航行风险评估结果,具体为:

[0100] S302,根据所述智能航道数字孪生模型获取目标航道中的船舶基本信息、船舶航行所处位置的气象数据和水文数据,根据所述船舶基本信息、船舶航行所处位置的气象数据和水文数据对船舶航行所处位置的航行适宜度进行评估,得到航行适宜度评估结果;

[0101] S304,根据所述行为状态识别航行船舶是否存在异常航行行为,所述异常航行行为包括超速航行、船舶之间危险接近、偏离航道、停泊;

[0102] S306,若不存在异常航行行为,根据航行适宜度评估结果对目标航道船舶进行风险评估,若存在异常航行行为,则根据异常航行行为和所述航行适宜度评估结果对目标航道船舶进行风险评估,得到航行风险评估结果。

[0103] 需要说明的是,通过整合船舶的基本信息、气象数据和水文数据,该方法可以对船舶的航行环境进行全面的评估。船舶的航行适宜度反映了船舶当前所在位置的安全性和航行条件的良好程度。这种综合评估能够提前识别潜在风险因素(如恶劣天气、水流湍急等),该方法能够基于船舶的行为状态识别是否存在异常航行行为,如超速航行、船舶之间危险接近、偏离航道或不当停泊等。一旦识别出异常行为,系统将结合航行适宜度进行更为细化的风险评估;所述船舶基本信息包括船舶类型、船舶吃水深度。

[0104] 根据本发明实施例,所述根据所述航行风险评估结果对所述数据更新策略进行优化,得到数据更新策略优化方案,具体为:

[0105] 预设航行风险阈值,根据所述航行风险评估结果对大于所述航行风险阈值的船舶进行标记,得到标记船舶;

[0106] 根据实时船舶航行数据确定所述标记船舶的位置信息,根据所述标记船舶的位置信息确定标记船舶在目标航道中所处的子区域,标定为待数据更新策略优化区域;

[0107] 对所述待数据更新策略优化区域的数据更新频率进行二次调整;

[0108] 获取所述待数据更新策略优化区域内的船舶数量信息,根据所述船舶数量信息确定待数据更新策略优化区域内船舶的网络传输竞争状态;

[0109] 根据所述网络传输竞争状态评估所述待数据更新策略优化区域内船舶的数据传输延迟,获取所述数据更新策略优化区域调整后的数据更新频率所需的网络传输速度需求,根据所述网络传输速度需求确定数据传输延迟接受阈值;

[0110] 构建每个子区域的数据传输缓冲区,若待数据更新策略优化区域的数据传输延迟大于数据传输延迟接受阈值,将待数据更新策略优化区域的非标记船舶的AIS数据、气象数据、水文数据导入数据传输缓冲区中,等待标记船舶的AIS数据传输完成后对数据传输缓冲区中的数据数据进行传输,得到目标航道每个子区域的数据更新策略优化方案。

[0111] 需要说明的是,通过标记风险超过阈值的船舶并优化其所在子区域的数据更新频率,该方法能够对高风险区域进行重点监控。对于这些高风险区域,系统可以通过二次调整数据更新频率,增加数据更新的频次,使得管理者能够及时掌握这些区域内船舶的动态变化,降低事故风险;通过标定待优化区域,只对存在高风险船舶所在子区域进行数据更新频率的优化,而其他子区域保持常规更新频率,从而实现资源的针对性分配,提升整体系统的效率;在目标航道中存在多个船舶进行数据传输时,数据传输可能会产生竞争,导致延迟增加。通过评估网络传输竞争状态,该方法能够动态调整数据传输的优先级,确保标记船舶的数据传输不受干扰,减少因传输延迟导致的监控滞后。这种机制有效优化了网络传输通道的利用率,确保对关键船舶的风险监控更加及时;根据区域内船舶数量和网络竞争情况,根据数据传输延迟接受阈值调整数据传输策略。在船舶密集、网络竞争激烈的区域,该方法能够在保证更新频率的情况下智能调整数据传输顺序,从而确保传输速度需求与延迟阈值相匹配,最终实现对每个子区域的数据更新策略的优化。所述网络传输竞争状态指的是在网络资源有限的情况下,多个设备或节点(如船舶)同时尝试传输数据时,所产生的竞争现象。这种竞争会影响各设备传输数据的速度和延迟。

[0112] 根据本发明实施例,在所述将待数据更新策略优化区域的非标记船舶的AIS数据、气象数据、水文数据导入数据传输缓冲区中之前,还包括:

[0113] 根据待数据更新策略优化区域的船舶数量信息、气象数据、水文数据预估待导入数据传输缓冲区的数据量;

[0114] 获取数据传输缓冲区的容量信息,若待导入数据传输缓冲区的数据量大于数据传输缓冲区的容量,将待导入数据转化为字符表示格式,得到字符格式数据;

[0115] 对所述字符格式数据进行字符出现频率统计,构建优先队列,根据所述字符出现频率将所述字符格式数据中的每个字符导入所述优先队列中;

[0116] 根据所述优先队列构建霍夫曼树,根据所述霍夫曼树构建每个字符的霍夫曼编

码,根据所述霍夫曼编码对所述字符格式数据进行字符编码操作,得到所述待导入数据的压缩数据;

[0117] 将所述压缩数据导入数据传输缓冲区中进行等待传输,当数据传输缓冲区中的数据传输完成时,根据所述霍夫曼树对压缩数据进行解码还原操作。

[0118] 需要说明的是,由于构建的数据传输缓冲区的数据容量是有限的,当需要导入数据传输缓冲区的数据量大于数据传输缓冲区的数据容量时,如果依旧进行导入,会造成数据丢失的情况;因此当待导入数据传输缓冲区的数据量大于数据传输缓冲区的容量时,通过引入Huffman编码数据压缩算法对待导入数据进行压缩操作,可以更有效地利用有限的存储空间,避免因空间不足而造成的数据丢失,并且能够提高数据传输速度,在数据传输完成后,能够使用霍夫曼树对压缩数据进行解码,快速恢复原始数据,保证数据的完整性和可用性;所述待导入数据为需要导入数据传输缓冲区的待数据更新策略优化区域中非标记船舶的AIS数据、气象数据、水文数据。

[0119] 图4示出了本发明一种基于数字孪生的智能航道管理系统的框图。

[0120] 本发明第二方面还提供了一种基于数字孪生的智能航道管理系统4,该系统包括:存储器41、处理器42,所述存储器中包括基于数字孪生的智能航道管理方法程序,所述基于数字孪生的智能航道管理方法程序被所述处理器执行时,实现如下步骤:

[0121] 获取目标航道的GIS数据和历史航道监测数据,根据所述GIS数据和历史航道监测数据构建智能航道数字孪生模型;

[0122] 获取预设时间段的航道监测数据导入所述智能航道数字孪生模型中进行航道动态模拟,根据所述航道动态模拟确定所述智能航道数字孪生模型的数据更新策略,根据所述数据更新策略对所述智能航道数字孪生模型进行实时数据更新;

[0123] 根据所述智能航道数字孪生模型对目标航道内的船舶进行实时监测,识别目标航道内船舶的行为状态;

[0124] 根据所述行为状态与船舶航行所处位置的气象数据、水文数据对船舶航行风险进行评估,得到航行风险评估结果;

[0125] 根据所述航行风险评估结果对所述数据更新策略进行优化,得到数据更新策略优化方案

[0126] 本发明公开了一种基于数字孪生的智能航道管理方法及系统。该方法包括:获取目标航道的GIS数据和历史监测数据,构建智能航道数字孪生模型;导入预设时间段的航道监测数据,进行动态模拟,确定并实时更新模型的数据更新策略;通过模型对目标航道内船舶进行实时监测,识别船舶行为状态;结合船舶行为、气象和水文数据,评估航行风险,生成风险评估结果;根据评估结果优化数据更新策略。该方法提高了航道管理的智能化和船舶航行安全性。

[0127] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的设备和方法,可以通过其它的方式实现。以上所描述的设备实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,如:多个单元或组件可以结合,或可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另外,所显示或讨论的各组成部分相互之间的耦合、或直接耦合、或通信连接可以是通过一些接口,设备或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性的、机械的或其它形式的。

[0128] 上述作为分离部件说明的单元可以是、或也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是、或也可以不是物理单元;既可以位于一个地方,也可以分布到多个网络单元上;可以根据实际的需要选择其中的部分或全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0129] 另外,在本发明各实施例中的各功能单元可以全部集成在一个处理单元中,也可以是各单元分别单独作为一个单元,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中;上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用硬件加软件功能单元的形式实现。

[0130] 本领域普通技术人员可以理解:实现上述方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成,前述的程序可以存储于计算机可读取存储介质中,该程序在执行时,执行包括上述方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:移动存储设备、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0131] 或者,本发明上述集成的单元如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用时,也可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明实施例的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机、服务器、或者网络设备等)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分。而前述的存储介质包括:移动存储设备、ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0132] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

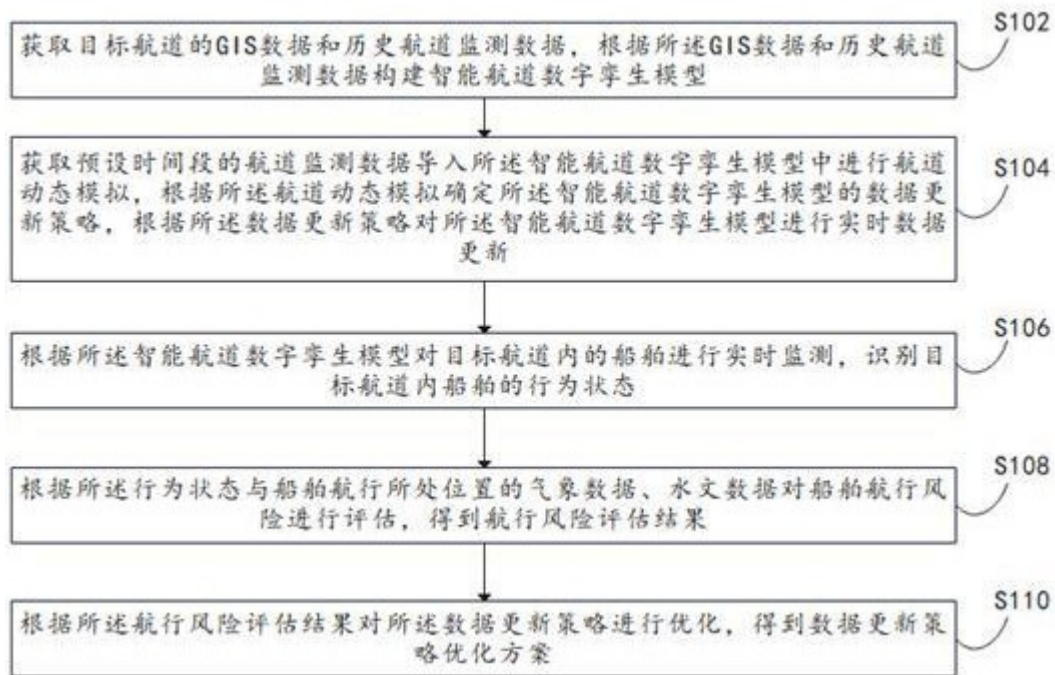


图 1

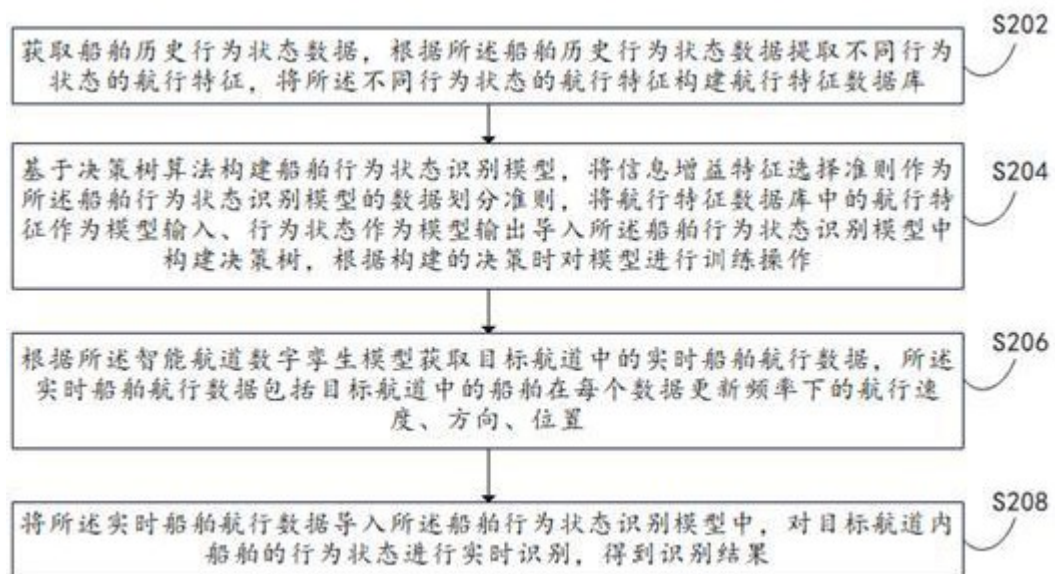


图 2

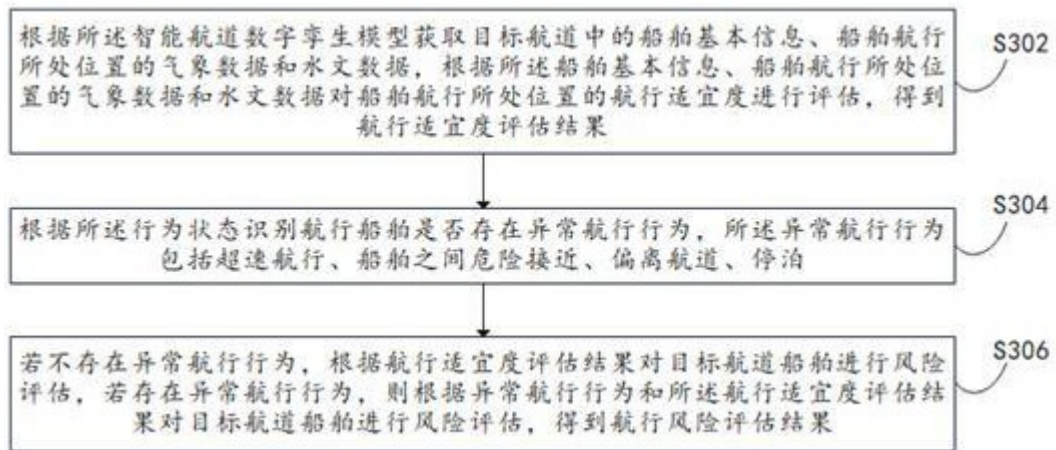


图 3

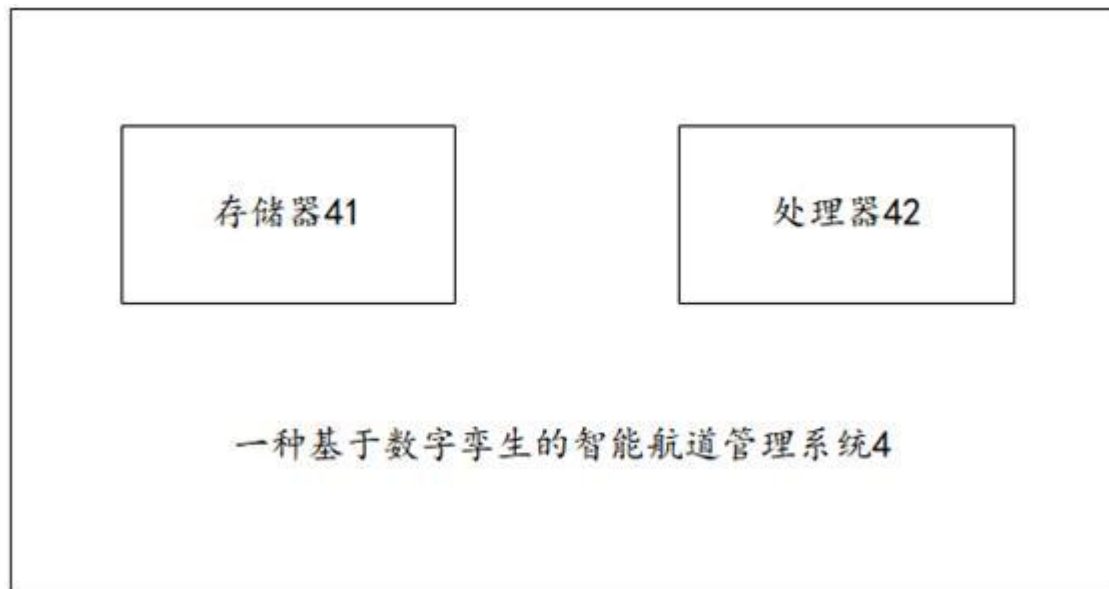


图 4