



(21) 申请号 202411413597.2

(22) 申请日 2024.10.11

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118917643 A

(43) 申请公布日 2024.11.08

(73) 专利权人 安徽金海迪尔信息技术有限责任公司

地址 230093 安徽省合肥市高新区将军岭
路与皖水路交叉口创新产业园3期A1
栋西区3楼、4楼(72) 发明人 赵梦晨 江涛 彭哲 肖帅 王进
强晓琼(74) 专利代理机构 北京壹川鸣知识产权代理事
务所(特殊普通合伙) 11765

专利代理师 杜安杰

(51) Int.Cl.

G06Q 10/0631 (2023.01)

G06F 17/10 (2006.01)

G06F 17/18 (2006.01)

G08G 3/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 110110403 A, 2019.08.09

CN 116050810 A, 2023.05.02

审查员 邓清清

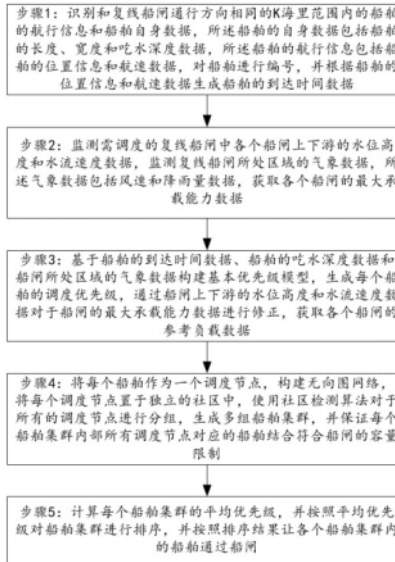
权利要求书3页 说明书14页 附图1页

(54) 发明名称

一种复线船闸自动调度方法

(57) 摘要

本发明提供一种复线船闸自动调度方法,涉及复线船闸管理技术领域,本发明通过自动识别系统实时获取和复线船闸通行方向相同的一定范围内的船舶数据,生成精确的船舶到达时间数据,通过这些数据的整合,能够有效解决现有技术中无法准确预测船舶到达时间的问题,通过监测船闸上下游的水位高度、水流速度以及气象数据等信息,结合船闸的最大承载能力,准确评估每个船闸的负载情况,通过构建基于船舶到达时间、吃水深度及环境因素的优先级模型,将所有船舶调度节点进行合理分组,使得每组船舶集群的负载与船闸的最大承载能力相匹配,通过计算每个船舶集群的平均优先级,并按照排序结果进行船舶通行。



1. 一种复线船闸自动调度方法,其特征在于,具体步骤包括:

步骤1:通过船舶的自动识别系统识别和复线船闸通行方向相同的K海里范围内的船舶的航行信息和船舶自身数据,所述船舶的自身数据包括船舶的长度、宽度和吃水深度数据,所述船舶的航行信息包括船舶的位置信息和航速数据,对船舶进行编号,并根据船舶的位置信息和航速数据生成船舶的到达时间数据;

步骤2:监测需调度的复线船闸中各个船闸上下游的水位高度和水流速度数据,监测复线船闸所处区域的气象数据,所述气象数据包括风速和降雨量数据,获取各个船闸的最大承载能力数据;

步骤3:基于船舶的到达时间数据、船舶的吃水深度数据和船闸所处区域的气象数据构建基本优先级模型,生成每个船舶的调度优先级,通过船闸上下游的水位高度和水流速度数据对于船闸的最大承载能力数据进行修正,获取各个船闸的参考负载数据;

步骤4:将每个船舶作为一个调度节点,构建无向图网络,将每个调度节点置于独立的社区中,使用社区检测算法对于所有的调度节点进行分组,生成多组船舶集群,并保证每个船舶集群内部所有调度节点对应的船舶结合符合船闸的容量限制;

步骤5:计算每个船舶集群的平均优先级,并按照平均优先级对船舶集群进行排序,并按照排序结果让各个船舶集群内的船舶通过船闸;

所述船闸的最大承载能力数据为复线船闸中船闸的最大长度和最大宽度数据,船闸的参考负载数据包括参考长度和参考宽度数据,生成船闸的参考负载数据依据的逻辑为:

$$Lc_j = Lm_j * \left[1 - \left(\frac{|Hu_j - Hd_j|}{Hmax_j} \right)^2 \right]$$

$$Wc_j = Wm_j * e^{-\frac{|Vu_j - Vd_j|}{Vmax_j}}$$

其中, Lc_j 和 Wc_j 分别表示第j个船闸的参考长度和参考宽度数据, Lm_j 和 Wm_j 分别表示第j个船闸的最大长度和最大宽度数据, $Hmax_j$ 和 $Vmax_j$ 分别表示第j个船闸设计允许的最大水位高度差和最大水流速度, Hu_j 和 Hd_j 分别表示第j个船闸的上游和下游的水位高度, Vu_j 和 Vd_j 分别表示第j个船闸的上游和下游的水流流速,j表示需调度的复线船闸中船闸的编号;

构建无向图网络,对于所有的调度节点进行分组的方法为:

将每个船舶作为一个调度节点,并为每个调度节点添加到达时间数据作为调度节点的属性,并构建无向图,并根据各个调度节点之间的到达时间数据,在无向图中添加边,构成无向图网络;

将每个调度节点置于独立的社区中,对于无向图网络中的每一个调度节点,将其逐次移动到其所有邻居节点所在的社区中,计算每一次移动如果发生整个社区的调度优先级平均值变化率;

将该调度节点移动到使得调度优先级平均值变化率最小的邻居社区中,并计算整个社区内所有调度节点对应的船舶的总长度值和总宽度值,并在总长度值超过最小参考长度,

或者总宽度值超过最小参考宽度数据时,将该节点移动至平均值变化率第二小的邻居社区中,以此类推,直至确定调度节点的社区归属;

重复调度各个调度节点,直至所有调度节点的社区归属均不再变化。

2.根据权利要求1所述的一种复线船闸自动调度方法,其特征在于:根据船舶的位置信息和航速数据生成船舶的到达时间数据的方法为:

根据船舶的位置信息和复线船闸的位置信息,计算船舶距离复线船闸的距离,所依据的公式为:

$$\begin{cases} \Delta lat_i = \sin^2 \left[\left(\frac{lat_i * \pi}{180} - \frac{lat_z * \pi}{180} \right) / 2 \right] \\ \Delta lon_i = \sin^2 \left[\left(\frac{lon_i * \pi}{180} - \frac{lon_z * \pi}{180} \right) / 2 \right] \\ d_i = 2 * R * \arcsin \sqrt{\Delta lat_i + \cos \frac{lat_i * \pi}{180} * \cos \frac{lat_z * \pi}{180} * \Delta lon_i} \end{cases}$$

其中, d_i 为编号为 i 的船舶距离复线船闸的距离, R 为地球半径,单位为海里, lat_i 和 lon_i 分别为编号为 i 的船舶的经度和纬度数据, lat_z 和 lon_z 分别为复线船闸所处位置的经度和纬度数据,单位为度, Δlat_i 和 Δlon_i 编号为 i 的船舶和复线船闸之间的第一中间系数和第二中间系数, i 表示船舶的编号;

通过船舶距离复线船闸的距离,结合船舶的航速数据生成船舶的到达时间数据,所依据的公式为:

$$T_i = \begin{cases} \frac{d_i}{v_i} & d_i \geq Xz \\ 0 & d_i < Xz \end{cases}$$

其中, T_i 和 v_i 分别表示编号为 i 的船舶的到达时间数据和航速数据, Xz 表示距离复线船闸的距离阈值。

3.根据权利要求2所述的一种复线船闸自动调度方法,其特征在于:构建基本优先级模型生成每个船舶的调度优先级具体所依据的公式为:

$$Py_i = \begin{cases} Ds_i * (1 + \alpha * V_w + \beta * R_r) * e^{-\gamma * T_i} & V_w > V_{wy} \vee R_r > R_{ry} \\ \frac{1}{Ds_i} * e^{-\gamma * T_i} & V_w \leq V_{wy} \wedge R_r \leq R_{ry} \end{cases}$$

其中, Py_i 和 Ds_i 分别为编号为 i 的船舶的调度优先级和吃水深度, V_w 和 R_r 分别为复线船闸所处区域的风速数据和降雨量数据, V_{wy} 和 R_{ry} 分别为风速阈值和降雨量阈值, α 、 β 和 γ 分别为风速权重系数、降雨量权重系数和时间权重系数, $\gamma > \alpha > \beta > 0$,且 $\gamma + \alpha + \beta = 1$ 。

4.根据权利要求1所述的一种复线船闸自动调度方法,其特征在于:所述邻居节点为无向图网络中,直接通过边相连的节点,即若两个节点通过一条直接的边相连,则被认为是邻居节点,根据各个调度节点之间的到达时间数据,在无向图中添加边所依据的具体逻辑为:

计算任意两个调度节点对应的到达时间数据的差值和平均值,若差值大于0.2倍的平

均值,则在无向图中两个调度节点之间不生成边,若小于等于0.2倍的平均值,则在无向图中两个调度节点之间生成边,所依据的公式为:

若 $|T_i - T_{i+m}| > 0.2 * \frac{T_i + T_{i+m}}{2}$, 则编号为 i 的船舶和编号为 $i + m$ 的船舶对应的调度节点之间不生成边;

若 $|T_i - T_{i+m}| \leq 0.2 * \frac{T_i + T_{i+m}}{2}$, 则编号为 i 的船舶和编号为 $i + m$ 的船舶对应的调度节点之间生成边;

T_i 和 T_{i+m} 分别表示编号为 i 和编号为 $i + m$ 的船舶的到达时间数据, i 表示船舶的编号, m 表示两个船舶编号之间的差异。

5. 根据权利要求4所述的一种复线船闸自动调度方法,其特征在于:所述最小参考长度的计算方法为:

$$Lc_{min} = \min(Lc_1, Lc_2, \dots, Lc_j, \dots, Lc_N)$$

所述最小参考宽度的计算方法为:

$$Wc_{min} = \min(Wc_1, Wc_2, \dots, Wc_j, \dots, Wc_N)$$

其中, Lc_{min} 和 Wc_{min} 分别表示最小参考长度和最小宽度数据, Lc_j 和 Wc_j 分别表示第 j 个船闸的参考长度和参考宽度数据, j 表示需调度的复线船闸中船闸的编号, N 表示需调度的复线船闸中船闸的总数。

6. 根据权利要求1所述的一种复线船闸自动调度方法,其特征在于:调度优先级平均值变化率的计算方法具体为:

计算未移动时原有社区中所有调度节点对应的调度优先级的平均值,计算移动如果发生,移动后整个社区的调度优先级平均值,将移动后的调度优先级平均值减去移动前的调度优先级的平均值,将差值比上移动前的调度优先级的平均值,即获得移动如果发生整个社区的调度优先级平均值变化率。

7. 根据权利要求1所述的一种复线船闸自动调度方法,其特征在于:计算每个船舶集群的平均优先级时,依据集群内每个调度节点对应船舶的调度优先级,求出平均值作为该船舶集群的平均优先级数据,将所有船舶集群按照平均优先级从高到低排序,复线船闸内的船闸并行工作,一次性分配多个集群到不同的船闸,平均优先级高的集群先分配,优先级次高的集群则分配到其他空闲的船闸,每个船闸在完成当前集群的通行后,立刻开始下一组集群的通行,在有多个船闸同时空闲时,按照平均优先级高低将船舶集群分配到空闲船闸。

一种复线船闸自动调度方法

技术领域

[0001] 本发明涉及复线船闸管理技术领域,具体为一种复线船闸自动调度方法。

背景技术

[0002] 随着全球航运业的快速增长,水上交通压力不断增加,特别是在交通枢纽的船闸区域,船舶的通行效率直接关系到整个航运系统的运行效能,复线船闸作为一种先进的水利设施,能够同时或交替控制多艘船舶通过,以提高水道的通行能力,通常,复线船闸会根据不同方向安排多个船闸通道,以便优化船舶通过的调度管理。然而,在船舶数量日益增多、船舶类型日益复杂的情况下,如何有效地调度船舶通过复线船闸,成为航运管理中的一大挑战。

[0003] 目前的复线船闸调度方法大多依赖于人工经验或者“先到先过”的简单规则。此类方法在船舶流量较少或通行条件较为简单时可以基本满足需求,但在高密度船舶通行、复杂水文条件或恶劣气象情况下,传统调度方式的效率大幅下降。现有的调度方法通常难以考虑船舶的具体特性如吃水深度、船型尺寸、航速等以及实时的外部条件如水位变化、气象、水流等,从而导致通行过程中经常出现拥堵和船闸利用率不高的情况。此外,复线船闸控制多个方向的通行船舶时,通常以固定方向为主,调度方法未能充分利用船闸的最大承载能力,缺乏灵活的调整机制。

[0004] 当前的复线船闸调度方法存在几个明显的不足。首先,现有调度方法对船舶的到达时间和通行顺序缺乏精确预测,未能结合实时数据进行调度优化。其次,传统方法对外部环境变化响应较为迟钝,无法根据实际情况动态调整调度策略。最后,现有调度方法未能充分利用现代智能算法进行船舶的分组调度,尤其是在一个方向的船闸通道中,船舶的通行次序和资源分配未能实现最佳优化。因此,迫切需要一种智能化调度方法,以解决单一方向复线船闸调度中的效率问题,减少船舶等待时间并提高船闸通行能力。

[0005] 在所述背景技术部分公开的上述信息仅用于加强对本公开的背景的理解,因此它可以包括不构成对本领域普通技术人员已知的现有技术的信息。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种复线船闸自动调度方法,以解决上述背景技术中提出的问题。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0008] 一种复线船闸自动调度方法,具体步骤包括:

[0009] 步骤1:通过船舶的自动识别系统识别和复线船闸通行方向相同的 K 海里范围内的船舶的航行信息和船舶自身数据,所述船舶的自身数据包括船舶的长度、宽度和吃水深度数据,所述船舶的航行信息包括船舶的位置信息和航速数据,对船舶进行编号,并根据船舶的位置信息和航速数据生成船舶的到达时间数据;

[0010] 步骤2:监测需调度的复线船闸中各个船闸上下游的水位高度和水流速度数据,监

测复线船闸所处区域的气象数据,所述气象数据包括风速和降雨量数据,获取各个船闸的最大承载能力数据;

[0011] 步骤3:基于船舶的到达时间数据、船舶的吃水深度数据和船闸所处区域的气象数据构建基本优先级模型,生成每个船舶的调度优先级,通过船闸上下游的水位高度和水流速度数据对于船闸的最大承载能力数据进行修正,获取各个船闸的参考负载数据;

[0012] 步骤4:将每个船舶作为一个调度节点,构建无向图网络,将每个调度节点置于独立的社区中,使用社区检测算法对于所有的调度节点进行分组,生成多组船舶集群,并保证每个船舶集群内部所有调度节点对应的船舶结合符合船闸的容量限制;

[0013] 步骤5:计算每个船舶集群的平均优先级,并按照平均优先级对船舶集群进行排序,并按照排序结果让各个船舶集群内的船舶通过船闸。

[0014] 进一步地,根据船舶的位置信息和航速数据生成船舶的到达时间数据的方法为:

[0015] 根据船舶的位置信息和复线船闸的位置信息,计算船舶距离复线船闸的距离,所依据的公式为:

$$[0016] \quad \begin{cases} \Delta lat_i = \sin^2 \left[\left(\frac{lat_i * \pi}{180} - \frac{lat_z * \pi}{180} \right) / 2 \right] \\ \Delta lon_i = \sin^2 \left[\left(\frac{lon_i * \pi}{180} - \frac{lon_z * \pi}{180} \right) / 2 \right] \\ d_i = 2 * R * \arcsin \sqrt{\Delta lat_i + \cos \frac{lat_i * \pi}{180} * \cos \frac{lat_z * \pi}{180} * \Delta lon_i} \end{cases} \quad \text{其中, } d_i \text{ 为编号为 } i$$

的船舶距离复线船闸的距离, R 为地球半径,单位为海里, lat_i 和 lon_i 分别为编号为 i 的船舶的经度和纬度数据, lat_z 和 lon_z 分别为复线船闸所处位置的经度和纬度数据,单位为度, Δlat_i 和 Δlon_i 分别为编号为 i 的船舶和复线船闸之间的第一中间系数和第二中间系数, i 表示船舶的编号;

[0017] 通过船舶距离复线船闸的距离,结合船舶的航速数据生成船舶的到达时间数据,所依据的公式为:

$$[0018] \quad T_i = \begin{cases} \frac{d_i}{v_i} & d_i \geq Xz \\ 0 & d_i < Xz \end{cases} \quad \text{其中, } T_i \text{ 和 } v_i \text{ 分别表示编号为 } i \text{ 的船舶的到达时间数据和航速}$$

数据, Xz 表示距离复线船闸的距离阈值。

[0019] 进一步地,构建基本优先级模型生成每个船舶的调度优先级具体所依据的公式为:

$$[0020] \quad Py_i = \begin{cases} Ds_i * (1 + \alpha * V_w + \beta * R_r) * e^{-\gamma * T_i} & V_w > V_{wy} \vee R_r > R_{ry} \\ \frac{1}{Ds_i} * e^{-\gamma * T_i} & V_w \leq V_{wy} \wedge R_r \leq R_{ry} \end{cases} \quad \text{其中, } Py_i \text{ 和 } Ds_i$$

分别为编号为 i 的船舶的调度优先级和吃水深度, V_w 和 R_r 分别为复线船闸所处区域的风速数据和降雨量数据, V_{wy} 和 R_{ry} 分别为风速阈值和降雨量阈值, α 、 β 和 γ 分别为风速权重系数、降雨量权重系数和时间权重系数, $\gamma > \alpha > \beta > 0$,且 $\gamma + \alpha + \beta = 1$ 。

[0021] 进一步地,所述船闸的最大承载能力数据为复线船闸中船闸的最大长度和最大宽度数据,船闸的参考负载数据包括参考长度和参考宽度数据,生成船闸的参考负载数据依据的逻辑为:

$$[0022] \quad Lc_j = Lm_j * \left[1 - \left(\frac{|Hu_j - Hd_j|}{Hmax_j} \right)^2 \right] \quad \text{其中, } Lc_j \text{ 和 } Wc_j \text{ 分别表示第 } j \text{ 个船闸的参考长度}$$

$$Wc_j = Wm_j * e^{-\frac{|Vu_j - Vd_j|}{Vmax_j}}$$

和参考宽度数据, Lm_j 和 Wm_j 分别表示第 j 个船闸的最大长度和最大宽度数据, $Hmax_j$ 和 $Vmax_j$ 分别表示第 j 个船闸设计允许的最大水位高度差和最大水流速度, Hu_j 和 Hd_j 分别表示第 j 个船闸的上游和下游的水位高度, Vu_j 和 Vd_j 分别表示第 j 个船闸的上游和下游的水流流速, j 表示需调度的复线船闸中船闸的编号。

[0023] 进一步地,构建无向图网络,对于所有的调度节点进行分组的方法为:

[0024] 将每个船舶作为一个调度节点,并为每个调度节点添加到达时间数据作为调度节点的属性,并构建无向图,并根据各个调度节点之间的到达时间数据,在无向图中添加边,构成无向图网络;

[0025] 将每个调度节点置于独立的社区中,对于无向图网络中的每一个调度节点,将其逐次移动到其所有邻居节点所在的社区中,计算每一次移动如果发生整个社区的调度优先级平均值变化率;

[0026] 将该调度节点移动到使得调度优先级平均值变化率最小的邻居社区中,并计算整个社区内所有调度节点对应的船舶的总长度值和总宽度值,并在总长度值超过最小参考长度,或者总宽度值超过最小参考宽度数据时,将该节点移动至平均值变化率第二小的邻居社区中,以此类推,直至确定调度节点的社区归属;

[0027] 重复调度各个调度节点,直至所有调度节点的社区归属均不再变化。

[0028] 进一步地,所述邻居节点为无向图网络中,直接通过边相连的节点,即若两个节点通过一条直接的边相连,则被认为是邻居节点,根据各个调度节点之间的到达时间数据,在无向图中添加边所依据的具体逻辑为:

[0029] 计算任意两个调度节点对应的到达时间数据的差值和平均值,若差值大于0.2倍的平均值,则在无向图中两个调度节点之间不生成边,若小于等于0.2倍的平均值,则在无向图中两个调度节点之间生成边,所依据的公式为:

[0030] 若 $|T_i - T_{i+m}| > 0.2 * \frac{T_i + T_{i+m}}{2}$, 则编号为 i 的船舶和编号为 $i + m$ 的船舶对应的调度节点之间不生成边;

[0031] 若 $|T_i - T_{i+m}| \leq 0.2 * \frac{T_i + T_{i+m}}{2}$, 则编号为 i 的船舶和编号为 $i + m$ 的船舶对应的调度节点之间生成边;

[0032] T_i 和 T_{i+m} 分别表示编号为 i 和编号为 $i + m$ 的船舶的到达时间数据, i 表示船舶的编号, m 表示两个船舶编号之间的差异。

[0033] 进一步地,所述最小参考长度的计算方法为:

[0034] $Lc_{\min} = \min(Lc_1, Lc_2, \dots, Lc_j, \dots, Lc_N)$, 所述最小参考宽度的计算方法为:

$Wc_{\min} = \min(Wc_1, Wc_2, \dots, Wc_j, \dots, Wc_N)$ 其中, $Lc_{\min}$ 和 $Wc_{\min}$ 分别表示最小参考长度和最小宽度数据, Lc_j 和 Wc_j 分别表示第 j 个船闸的参考长度和参考宽度数据, j 表示需调度的复线船闸中船闸的编号, N 表示需调度的复线船闸中船闸的总数。

[0035] 进一步地,调度优先级平均值变化率的计算方法具体为:

[0036] 计算未移动时原有社区中所有调度节点对应的调度优先级的平均值,计算移动如果发生,移动后整个社区的调度优先级平均值,将移动后的调度优先级平均值减去移动前的调度优先级的平均值,将差值比上移动前的调度优先级的平均值,即获得移动如果发生整个社区的调度优先级平均值变化率。

[0037] 进一步地,计算每个船舶集群的平均优先级时,依据集群内每个调度节点对应船舶的调度优先级,求出平均值作为该船舶集群的平均优先级数据,将所有船舶集群按照平均优先级从高到低排序,复线船闸内的船闸并行工作,一次性分配多个集群到不同的船闸,平均优先级高的集群先分配,优先级次高的集群则分配到其他空闲的船闸,每个船闸在完成当前集群的通行后,立刻开始下一组集群的通行,在有多个船闸同时空闲时,按照平均优先级高低将船舶集群分配到空闲船闸。

[0038] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0039] 本发明通过自动识别系统实时获取和复线船闸通行方向相同的一定范围内的船舶数据,包括船舶的长度、宽度、吃水深度、航速和位置信息等,生成精确的船舶到达时间数据,通过这些数据的整合,能够有效解决现有技术中无法准确预测船舶到达时间的问题,从而提高调度的精确性和合理性,通过监测船闸上下游的水位高度、水流速度以及气象数据等信息,能够动态掌握复线船闸的外部环境和通行条件,并结合船闸的最大承载能力,准确评估每个船闸的负载情况,可以灵活应对复杂的外部环境变化,特别是在水文条件和气象状况复杂多变的情况下,有效提高船闸的资源利用率;

[0040] 本发明通过构建基于船舶到达时间、吃水深度及环境因素的优先级模型,将船舶的通行调度从传统的“先到先过”规则提升至基于实际情况的动态优先级管理,通过无向图网络和社区检测算法能够将所有船舶调度节点进行合理分组,使得每组船舶集群的负载与船闸的最大承载能力相匹配,从而解决了现有技术中船舶调度次序混乱、船闸资源利用不充分的问题,通过计算每个船舶集群的平均优先级,并按照排序结果进行船舶通行,能够在最大限度上提升船闸的通行效率,减少船舶等待时间,同时确保复线船闸的通行能力得到充分发挥,尤其是在船舶密集的高峰时段,实现了多船舶同时高效、安全通过的目标。

附图说明

[0041] 图1为本发明整体方法流程示意图。

具体实施方式

[0042] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,对本发明进一步详细说明。

[0043] 需要说明的是,除非另外定义,本发明使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本发明中使用的“第一”“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性,而只是用来区分不同的组成部分。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同,而不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接,而是可以包括电性的连接,不管是直接的还是间接的。“上”“下”“左”“右”等仅用于表示相对位置关系,当被描述对象的绝对位置改变后,则该相对位置关系也可能相应地改变。

[0044] 实施例

[0045] 请参阅图1,本发明提供一种技术方案:

[0046] 一种复线船闸自动调度方法,具体步骤包括:

[0047] 步骤1:通过船舶的自动识别系统识别和复线船闸通行方向相同的 K 海里范围内的船舶的航行信息和船舶自身数据,所述船舶的自身数据包括船舶的长度、宽度和吃水深度数据,所述船舶的航行信息包括船舶的位置信息和航速数据,对船舶进行编号,并根据船舶的位置信息和航速数据生成船舶的到达时间数据。

[0048] 自动识别系统通过安装在船舶上的专用设备,实时获取并广播船舶的动态和静态数据,自动识别系统依赖于船舶上的GPS定位系统和其他传感器,自动采集船舶的实时位置信息、航速、航向等航行信息。这些数据通过无线电信号以固定间隔向附近的其他船只、岸基接收站或卫星进行广播,确保船舶之间能够相互识别和通信。

[0049] 船舶的自身数据由船员或操作人员在船舶的自动识别系统手动输入,这些数据在船舶的自动识别系统中保存,并在船舶广播时与动态信息一起发送,船舶的GPS系统和传感器可以持续监控船舶的动态变化,而船舶的自身数据则是输入的信息,通过无线网络,岸基接收站或其他船只能够在一定范围内接收这些信息,进而掌握船舶的航行状态和基本特征,确保安全和高效的船舶管理。

[0050] 复线船闸指的是拥有多个船闸的水道设施,允许多艘船舶同时或交替通过,它可以分为多个方向通行,一个方向通常由固定的几个船闸控制船只通过,本实施例的调度方法所针对的是控制一个方向的船舶通过的船闸,通行方向相同指这些船舶都朝同一个方向行驶。举例来说,如果复线船闸有五个船闸是进港方向,那么通行方向相同的船舶就是都是进港行驶的船只,船闸调度是调度这个五个船闸的船舶通过方式,一定范围内的船舶指的是在某个地理区域内的船舶,是指靠近船闸、准备通过船闸的船只。

[0051] K 的取值范围是[1,2],船闸前后水域的监控范围通常是1-2海里,在这个范围内,船舶需要减速、准备进入或离开船闸,并遵循相应的调度和指挥,船闸附近的水域是航道的瓶颈,船舶速度较慢,且需要精确操控,1-2海里的范围确保能够提前了解进入船闸区域的船舶的状态,防止拥堵和碰撞,船闸的进出效率与船舶排队、等待通过等相关联。管理船舶的动态范围设置为1-2海里有助于港口或船闸调度提前安排,合理分配通行顺序,避免船只堆积或过度等待。

[0052] 本实施例中,根据船舶的位置信息和航速数据生成船舶的到达时间数据的方法为:

[0053] 船舶的位置信息和复线船闸的位置信息均为经度和纬度构成的坐标,根据船舶的

位置信息和复线船闸的位置信息,计算船舶距离复线船闸的距离,所依据的公式为:

$$[0054] \quad \begin{cases} \Delta lat_i = \sin^2 \left[\left(\frac{lat_i * \pi}{180} - \frac{lat_z * \pi}{180} \right) / 2 \right] \\ \Delta lon_i = \sin^2 \left[\left(\frac{lon_i * \pi}{180} - \frac{lon_z * \pi}{180} \right) / 2 \right] \\ d_i = 2 * R * \arcsin \sqrt{\Delta lat_i + \cos \frac{lat_i * \pi}{180} * \cos \frac{lat_z * \pi}{180} * \Delta lon_i} \end{cases} \quad \text{其中, } d_i \text{ 为编号为 } i$$

的船舶距离复线船闸的距离, R 为地球半径,单位为海里, lat_i 和 lon_i 分别为编号为 i 的船舶的经度和纬度数据, lat_z 和 lon_z 分别为复线船闸所处位置的经度和纬度数据,单位为度, Δlat_i 和 Δlon_i 分别为编号为 i 的船舶和复线船闸之间的第一中间系数和第二中间系数, i 表示船舶的编号。

[0055] 计算船舶与复线船闸之间的地理距离,基于经纬度信息和地球的曲率,使用的是Haversine公式,本实施例通过船舶和复线船闸的经纬度信息,计算船舶与船闸的直线距离,考虑到地球的球形特性,通过经纬度差值计算两点之间的直线距离,而不仅仅是平面上的距离,因为地球是球体,首先计算两点之间的经纬度差异,然后通过三角函数来计算两点之间的球面距离,可以用于计算船舶的到达时间、确定航线、以及避免航行风险。

[0056] 通过船舶距离复线船闸的距离,结合船舶的航速数据生成船舶的到达时间数据,所依据的公式为:

$$[0057] \quad T_i = \begin{cases} \frac{d_i}{v_i} & d_i \geq X_z \\ 0 & d_i < X_z \end{cases} \quad \text{其中, } T_i \text{ 和 } v_i \text{ 分别表示编号为 } i \text{ 的船舶的到达时间数据和航速}$$

数据, X_z 表示距离复线船闸的距离阈值。

[0058] 计算船舶到达复线船闸的预计时间,即到达时间数据,结合了船舶与船闸之间的距离和船舶的航速,同时引入了一个距离阈值,表示在一定距离内不再计算到达时间,如果船舶距离复线船闸的距离小于阈值,则认为船舶已进入一个较短的范围,可能即将靠近船闸,因此到达时间被设定为0,此时假设船舶已经准备好进入船闸,进一步的到达时间计算不再有意义。

[0059] 距离阈值的引入能够简化某些短距离情况下的计算,在船舶距离船闸很近的时候,精确的时间计算不再有实际意义,因为船舶可能正处于减速、调整、静止或等待进入船闸的状态。这种情况下,通过将到达时间设为0,可以简化调度系统的复杂性,并表明船舶已经“几乎”到达船闸,当船舶非常接近船闸时,航速和位置变化较频繁,系统可能会不断重新计算和更新到达时间。引入距离这个阈值后,避免了这种不必要的频繁更新,提升了计算效率。

[0060] 船舶靠近船闸时,实际航行时间会受很多因素影响,比如船闸的等待时间、航道内的交通情况、船速减慢等,在距离非常近时,预计到达时间不再是绝对的参考指标。因此,距离阈值相当于一个“近场范围”,即在船舶距离船闸足够近时,不再需要精确计算到达时间,直接视作船舶已到达。

[0061] 本实施例结合了船舶与复线船闸的距离、船舶的航速,并通过距离阈值来简化靠

近船闸时的复杂情况,距离阈值 $X_z = 0.5$,对于大多数船舶,尤其是较大的货船和客船,在接近港口或船闸时需要一定的减速距离,0.5 海里通常是一个足够的距离,使船舶能够安全地减速并准备进入船闸,当船舶距离船闸在 0.5 海里内时,船舶通常进入准备阶段,会减速或调整航向,0.5 海里的阈值可以适用于各种船舶类型,既包括大型货船,也包括小型渔船或游艇。距离阈值设置为0.5相对灵活,能够满足不同船舶在靠近船闸时的操作需求。

[0062] 步骤2:监测需调度的复线船闸中各个船闸上下游的水位高度和水流速度数据,监测复线船闸所处区域的气象数据,所述气象数据包括风速和降雨量数据,获取各个船闸的最大承载能力数据。

[0063] 本实施例中,所述船闸的最大承载能力数据为复线船闸中船闸的最大长度和最大宽度数据,最大长度和最大宽度通常是船闸的设计参数,可以从船闸的设计图纸和规格书中获取。由船闸管理机构或设计单位提供。

[0064] 上下游的水位高度指船闸上下游水面的高度。这是一个重要指标,决定了船舶是否能够安全通过船闸。船闸通常通过调节水位来平衡上下游的水差,确保船只能够顺利通过。船闸上下游水位差需要在一个可控范围内,否则船舶无法进出船闸,上下游的水流速度指水体在船闸上下游的流速。这决定了水的流动特性和船只在通过船闸时可能遇到的流阻。较强的水流速度可能影响船舶的操作和安全性,尤其是靠泊和进出船闸时。水位高度通过安装在船闸上下游的水位监测仪进行实时测量获得,上游指水流的起始点或源头,靠近河流的源头或水体流入船闸的一侧,下游指水流的出口或终点,水流流动的方向。

[0065] 气象数据可以通过在船闸附近安装的自动气象站进行监测,风速是指船闸所在区域的空气流动速度。风速对船舶靠泊、航行和进出船闸有重要影响,尤其是大型船舶,风速过大可能导致偏航,影响安全操作,降雨量指该区域内的降水量,影响到水位变化和船闸操作。大量降雨可能导致上游水位快速上升,增加船闸操作的复杂性,甚至可能引发洪水风险。

[0066] 步骤3:基于船舶的到达时间数据、船舶的吃水深度数据和船闸所处区域的气象数据构建基本优先级模型,生成每个船舶的调度优先级,通过船闸上下游的水位高度和水流速度数据对于船闸的最大承载能力数据进行修正,获取各个船闸的参考负载数据。

[0067] 本实施例中,构建基本优先级模型生成每个船舶的调度优先级具体所依据的公式为:

$$[0068] \quad Py_i = \begin{cases} Ds_i * (1 + \alpha * V_w + \beta * R_r) * e^{-\gamma * T_i} & V_w > V_{wy} \vee R_r > R_{ry} \\ \frac{1}{Ds_i} * e^{-\gamma * T_i} & V_w \leq V_{wy} \wedge R_r \leq R_{ry} \end{cases} \quad \text{其中, } Py_i \text{ 和 } Ds_i$$

分别为编号为 i 的船舶的调度优先级和吃水深度, V_w 和 R_r 分别为复线船闸所处区域的风速数据和降雨量数据, V_{wy} 和 R_{ry} 分别为风速阈值和降雨量阈值, α 、 β 和 γ 分别为风速权重系数、降雨量权重系数和时间权重系数, $\gamma > \alpha > \beta > 0$,且 $\gamma + \alpha + \beta = 1$,调度优先级越大,表示船舶在通过航道时享有更高的优先权。

[0069] $V_w > V_{wy}$ 或者 $R_r > R_{ry}$ 时,表示降雨量或者风速较大,天气恶劣,而吃水深度是船舶调度优先级的核心因素,尤其在恶劣天气下,因为吃水深度大的船舶在面对恶劣环境时更加稳定,所以在风速或降雨量超过阈值的条件下,它们的调度优先级上升,通过直接将吃

水深度作为乘数放入调度优先级计算中,表示吃水深度大的船舶具有天然的优先优势。

[0070] $V_w \leq V_{wy}$ 并且 $R_r \leq R_{ry}$ 时,表示降雨量和风速均较小,天气良好,在良好天气下,调度优先级公式反而变成了吃水深度的倒数,吃水深度小的船舶会更容易被优先安排通过,这是因为在良好的环境条件下,吃水较浅的船舶更容易通过航道,效率更高,一般情况下,20节被认为是商业船舶的一个常见安全风速上限,降雨量的阈值通常较为灵活,具体取决于降雨的强度和持续时间。一般来说,短时间内降雨量超过10毫米可能会影响能见度和航行安全。

[0071] 当风速和降雨量超过阈值时,意味着天气条件对航行的影响增加,特别是对吃水浅的船舶而言,在这种情况下,吃水深度较大的船舶由于稳定性更高,因此增加了 $1 + \alpha * V_w + \beta * R_r$ 来调整吃水深度大的船舶的优先级,风速对调度优先级的影响与风速权重系数成正比,说明风速越大,吃水深度大的船舶越有优势,因为它们更不容易受到风的影响,降雨量的影响与降雨量权重系数成正比,在大雨天气下,吃水深度大的船舶也相对更稳定,优先级因此上升,吃水深度大的船舶会因其更好的稳定性而获得更高的优先级。此时,调度系统要更多依赖船舶的物理特性来保证航道的安全和通畅,引入了 Ds_i 和 $1 + \alpha * V_w + \beta * R_r$ 作为放大系数来提升吃水深度大的船舶的优先级,确保它们在恶劣天气下优先通行,减少潜在的事故风险。

[0072] 良好天气下,风速和降雨量都在安全阈值以下时,环境因素对调度优先级的影响就被忽略,此时,优先安排吃水深度较小的船舶,因为在良好的天气条件下,它们更容易快速通过,而吃水较大的船舶在良好天气下并没有显著优势,调度系统更关注船舶的通行效率。因此,优先安排吃水深度较小的船舶来通过,这样可以提高航道的通行效率,因为吃水较小的船舶在良好天气下速度较快,转向和操控更加灵活。

[0073] 无论在何种天气条件下,时间对优先级的影响是不可忽视的,随着时间的推移,船舶的优先级逐渐下降,这种时间衰减机制促使调度系统不要让某些船舶等待过长时间而得不到通过机会,这保证了调度系统的动态平衡,使船舶不会因其他优先级高的因素被长期忽视为了防止船舶因等待时间过长而积压,加入了一个时间衰减项 $e^{-\gamma * T_i}$,随着时间的推移,每艘船舶的优先级会逐渐下降,鼓励调度系统尽早处理等待时间较长的船舶。

[0074] 调度优先级采用了分段函数的形式,调度时在面对不同天气条件时需要做出不同的决策,在恶劣天气下,风速和降雨量超过阈值时,调度系统会优先考虑船舶的物理属性,尤其是吃水深度,这是因为吃水深度大的船舶在恶劣天气下更稳定,风险更低,因此被优先安排通行,在良好天气下,风速和降雨量对船舶的影响较小,调度策略更关注通行效率。在这种情况下,吃水深度小的船舶具有速度和灵活性上的优势,因此优先安排它们通过,以提高整体效率,这种分段设计确保了调度系统在不同的天气条件下能够灵活调整优先级,从而兼顾安全性和效率。

[0075] 在恶劣天气条件下,吃水深度被直接乘入公式,因为吃水深度大的船舶由于重心低、更加稳定,在面对强风和大雨时不容易受到外界环境的影响。因此,吃水深度大的船舶在这种条件下优先通过的概率更高,在良好天气条件下,吃水深度的倒数被用来计算优先级。这是因为在平稳条件下,吃水较小的船舶操控更灵活、更容易快速通过。因此,吃水深度较小的船舶会被赋予更高的优先级,可以提高通行效率,因为在没有外部环境干扰的情况

下,吃水浅的船舶更容易安全且快速地通过航道。

[0076] 恶劣天气下优先级的调整时,风速和降雨量对优先级的影响是通过线性加权来实现的,因为风速和降雨量对船舶的影响是累积的——风越大、雨越多,越希望优先安排吃水深度大的船舶通过,因为它们对这些外界因素的抵抗能力更强。

[0077] 时间衰减项 $e^{-\gamma \cdot T_i}$ 是一个指数衰减函数,用于确保等待时间较长的船舶不会被忽视,选择指数衰减而非线性衰减,是因为指数函数具有更快速的初期衰减特性。这样可以在初期阶段迅速降低优先级,确保船舶不会长时间滞留。通过调节时间衰减系数可以控制船舶等待时间对优先级的影响。

[0078] α 是时间因素的权重,反映等待时间对优先级的影响, β 是风速对优先级的影响权重,反映风速对船舶稳定性和通行能力的影响程度, γ 是降雨量对优先级的影响权重,反映降雨量对船舶通行的不利影响,时间因素在船舶调度中通常是一个关键因素。如果一艘船长时间等待,优先级应快速下降,以便及时调度。因此,时间的影响被认为是最重要的,在恶劣天气条件下,风速对船舶的影响通常比降雨量更直接。风速会直接影响船舶的操控性和稳定性,因此其权重高于降雨量。降雨量虽然影响能见度和航行条件,但相较于风速的影响,通常要小一些, $\gamma + \alpha + \beta = 1$ 确保了所有权重的总和为1,使得每个因素的影响能够在同一范围内相对比较,便于调度系统进行动态调整,风速阈值和降雨量阈值从法规对此类阈值的明确规定中获得,以确保航行安全。

[0079] 进一步地,船闸的参考负载数据包括参考长度和参考宽度数据,生成船闸的参考负载数据依据的逻辑为:

[0080]
$$Lc_j = Lm_j * \left[1 - \left(\frac{|Hu_j - Hd_j|}{Hmax_j} \right)^2 \right]$$
 其中, Lc_j 和 Wc_j 分别表示第 j 个船闸的参考长度

$$Wc_j = Wm_j * e^{-\frac{|Vu_j - Vd_j|}{Vmax_j}}$$

和参考宽度数据, Lm_j 和 Wm_j 分别表示第 j 个船闸的最大长度和最大宽度数据, $Hmax_j$ 和 $Vmax_j$ 分别表示第 j 个船闸设计允许的最大水位高度差和最大水流速度, Hu_j 和 Hd_j 分别表示第 j 个船闸的上游和下游的水位高度, Vu_j 和 Vd_j 分别表示第 j 个船闸的上游和下游的水流流速, j 表示需调度的复线船闸中船闸的编号。

[0081] Lm_j 和 Wm_j 指的是在理想条件下船闸能够容纳的最大船舶长度,当上游和下游的水位差增大时,船闸能够安全容纳的船舶总长度会减少,这是因为水位差越大,水流的紊乱可能越严重,船舶在通过船闸时需要更多的缓冲空间,因而减少了有效可用的长度区间,当上游和下游的水位差增加时,水流的动能和水的扰动不会以线性的方式增加,而是以加速的方式增长。例如,水位差增加一倍,水流的动能可能增加不止一倍,因为水流的速度和湍流强度都会受到更大影响,通过平方项,模型反映了这种水位差影响的非线性增长。水位差的变化对船舶通过安全性的影响远大于线性函数能够表达的,因此使用平方项能更好地描述这种加速变化,当水位差接近于零时,参考长度接近最大长度,而当水位差增加时,参考长度逐渐减小,避免船闸在不安全条件下操作,当水位差非常小时,平方项的值很小,说

明水位差对船闸长度的影响较小。随着水位差增加,平方项迅速增大,船闸长度大幅缩减。这种设计是为了确保在极端水位差的情况下,船闸仍能保持安全操作,防止因水流紊乱导致的事故。

[0082] 当上游和下游的流速差增大时,船闸能够安全容纳的船舶总宽度会减少。流速差越大,水流的干扰作用越强,使得通过船闸的船舶更难保持稳定,因此需要减小有效宽度来确保船舶安全通过,指数衰减函数 $e^{-\frac{|v_{u_j}-v_{d_j}|}{V_{max_j}}}$ 反映了这种影响的非线性:当流速差较小时,对参考宽度的影响较小;而当流速差增大时,参考宽度会迅速减小,流速差对船舶通过船闸的影响不是线性的。即使流速差从零开始逐步增大,流体对船舶产生的扰动和冲击并不是匀速增长,而是呈现出先较慢、后较快的变化。指数函数能够很好地表达这种影响,流速差小时,影响相对较小,随着流速差增大,影响呈现加速增长采用指数衰减函数可以平滑地描述这种非线性过程,即在较小的流速差下,船闸宽度不会显著减小;但当流速差达到一定阈值后,参考宽度会急剧缩减,确保在极端条件下的安全。

[0083] 步骤4:将每个船舶作为一个调度节点,构建无向图网络,将每个调度节点置于独立的社区中,使用社区检测算法对于所有的调度节点进行分组,生成多组船舶集群,并保证每个船舶集群内部所有调度节点对应的船舶结合符合船闸的容量限制。

[0084] 本实施例中,构建无向图网络,对于所有的调度节点进行分组的方法为:

[0085] 将每个船舶作为一个调度节点,并为每个调度节点添加到达时间数据作为调度节点的属性,并构建无向图,并根据各个调度节点之间的到达时间数据,在无向图中添加边,构成无向图网络;

[0086] 将每个调度节点置于独立的社区中,对于无向图网络中的每一个调度节点,将其逐次移动到其所有邻居节点所在的社区中,计算每一次移动如果发生整个社区的调度优先级平均值变化率;

[0087] 将该调度节点移动到使得调度优先级平均值变化率最小的邻居社区中,并计算整个社区内所有调度节点对应的船舶的总长度值和总宽度值,并在总长度值超过最小参考长度,或者总宽度值超过最小参考宽度数据时,将该节点移动至平均值变化率第二小的邻居社区中,以此类推,直至确定调度节点的社区归属;

[0088] 重复调度各个调度节点,直至所有调度节点的社区归属均不再变化,每一个社区内的船舶作为一个船舶集群。

[0089] 构建无向图网络并对调度节点进行分组的过程,本质上是一种基于社区检测和优化的算法,用于优化船舶的调度优先级分配,确保船闸调度过程中的高效性和合理性,每个船舶被视为一个调度节点。每个调度节点具有一个重要属性,即该船舶的到达时间数据,无向图中的节点就是这些调度节点,边则是根据调度节点之间的关系(例如,船舶的到达时间的相似性或差异性)添加的,每一对调度节点之间通过到达时间的相对差异来确定是否添加边,无向图的构建让我们可以从全局视角来理解各船舶在时间维度上的关系。船舶越相近(时间上),节点之间的边越密集。

[0090] 每个调度节点置于独立的社区中在无向图初始构建阶段,每个船舶(调度节点)被视为一个独立的社区。这种初始状态相当于每个节点都处于单独的调度单元中,通过将所有节点初始置于独立社区中,确保后续在社区合并过程是基于数据驱动的,且遵循最优调

度策略。对于每个调度节点,将其尝试性地移动至其邻居节点所在的社区中。邻居节点即是在无向图中与该调度节点有边相连的节点。这一步的目标是通过社区重组,优化调度节点的归属。每次移动后,计算该节点所在社区的调度优先级的变化率。这一步是关键,通过计算每次移动带来的社区优先级变化,衡量该节点移动是否有助于优化整个调度过程,这是判断移动效果的核心指标,意味着如果将该节点移动到新的社区,调度效率或其他与优先级相关的指标是变好了还是变差了。变化率越小,说明调度系统整体更稳定或更优。

[0091] 根据变化率的最小化原则,选择将该调度节点移动到使得优先级变化率最小的社区。也就是说,尝试将节点移动到一个使得整个调度系统变化最小、最稳定的社区,在将节点移动到新的社区后,需要对该社区内所有调度节点的总长度和总宽度进行统计,如果该社区的船舶总长度超过了船闸所允许的最小参考长度,或者社区的船舶总宽度超过了最小参考宽度,则说明此社区无法容纳更多的船舶,在这种情况下,将该节点移至优先级变化率第二小的社区,进行再次尝试。这一过程会持续进行,直到找到一个满足长度和宽度限制的社区。

[0092] 每次调整节点的社区归属后,重复该过程,直到整个无向图中所有调度节点的社区归属不再发生变化。也就是说,所有节点都已分配到最优的社区中,且无法再通过移动进一步优化调度优先级变化率,当所有调度节点的社区归属固定后,整个算法结束,生成的社区分组即为船舶的最终调度结果,本实施例通过逐步优化调度节点(船舶)的社区归属,使得船闸调度过程中的优先级变化最小,同时考虑到船舶长度和宽度的物理限制,通过逐步移动节点,减少调度优先级的波动,确保调度计划的稳定性和合理性,考虑了船舶的总长度和总宽度,以确保社区中的船舶总量不会超出船闸的物理容量。

[0093] 进一步地,所述邻居节点为无向图网络中,直接通过边相连的节点,即若两个节点通过一条直接的边相连,则被认为是邻居节点,根据各个调度节点之间的到达时间数据,在无向图中添加边所依据的具体逻辑为:

[0094] 计算任意两个调度节点对应的到达时间数据的差值和平均值,若差值大于0.2倍的平均值,则在无向图中两个调度节点之间不生成边,若小于等于0.2倍的平均值,则在无向图中两个调度节点之间生成边,所依据的公式为:

[0095] 若 $|T_i - T_{i+m}| > 0.2 * \frac{T_i + T_{i+m}}{2}$, 则编号为 i 的船舶和编号为 $i + m$ 的船舶对应的调度节点之间不生成边;

[0096] 若 $|T_i - T_{i+m}| \leq 0.2 * \frac{T_i + T_{i+m}}{2}$, 则编号为 i 的船舶和编号为 $i + m$ 的船舶对应的调度节点之间生成边;

[0097] T_i 和 T_{i+m} 分别表示编号为 i 和编号为 $i + m$ 的船舶的到达时间数据, i 表示船舶的编号, m 表示两个船舶编号之间的差异。

[0098] 节点之间的边的建立是基于到达时间的相似性。船舶在时间上相近的调度节点被认为是有可能相互影响或相互依赖的,因此连接边可以帮助在图中反映这种关系,通过设定阈值(0.2倍的平均值),可以有效地捕捉到达时间相近的节点。通常,船舶的调度和通行是时间敏感的,相近的到达时间意味着这些船舶可能在相同的时间区间内需要通过船闸,因此它们的调度优先级互相影响。

[0099] 选择0.2倍作为阈值也有助于确保到达时间差异的计算不会受到极端情况(如到达时间特别相近或特别远)的过度影响。通过设置一个中等的比例值,能更稳健地处理不同时间分布的船舶群体,不至于在某些极端情况中失效,选择0.2倍的平均值可以避免无向图中生成过多的边,防止图的结构过于复杂。如果边的数量过多,社区划分和后续的优化会变得计算复杂度很高。通过设定这个阈值,可以有效减少边的数量,从而保持图的稀疏性,提高计算效率。

[0100] 通过计算调度节点之间的到达时间差和平均值,采用0.2倍的平均值作为连接阈值的策略,能够有效地建立一个反映船舶调度关系的无向图。这个策略的核心逻辑在于强调了时间相似性的重要性,同时控制了图的稀疏度和结构合理性,从而为后续的调度优先级优化打下了良好的基础。这种方法不仅提升了算法的效率,也确保了调度系统在实际应用中的灵活性和适应性。

[0101] 本实施例中,所述最小参考长度的计算方法为:

[0102] $Lc_{min} = \min(Lc_1, Lc_2, \dots, Lc_j, \dots, Lc_N)$,所述最小参考宽度的计算方法为:

[0103] $Wc_{min} = \min(Wc_1, Wc_2, \dots, Wc_j, \dots, Wc_N)$ 其中, Lc_{min} 和 Wc_{min} 分别表示最小参考长度和最小宽度数据, Lc_j 和 Wc_j 分别表示第 j 个船闸的参考长度和参考宽度数据, j 表示需调度的复线船闸中船闸的编号, N 表示需调度的复线船闸中船闸的总数。

[0104] 在调度船舶通过复线船闸时,船舶的尺寸必须满足船闸的物理限制。由于不同船闸的参考长度和宽度可能存在差异,因此在调度过程中,必须确保所有调度的船舶能够通过最小的船闸,通过选择所有船闸中的最小参考长度和最小参考宽度,确保调度的船舶在整个过程中可以顺利通过所有船闸。如果调度船舶超过了最小的船闸尺寸限制,将会导致无法通过某些船闸,这会影响调度的可行性和安全性,在复线船闸系统中,不同船闸可能由于结构、设计等原因,具有不同的尺寸和通行能力。通过选择最小尺寸,可以保证调度系统对所有船闸的适应性,无论船闸结构如何变化,调度系统都能以统一的标准进行操作。

[0105] 本实施例中,调度优先级平均值变化率的计算方法具体为:

[0106] 计算未移动时原有社区中所有调度节点对应的调度优先级的平均值,计算移动如果发生,移动后整个社区的调度优先级平均值,将移动后的调度优先级平均值减去移动前的调度优先级的平均值,将差值比上移动前的调度优先级的平均值,即获得移动如果发生整个社区的调度优先级平均值变化率。

[0107] 通过计算移动前后调度优先级平均值的变化率,能够直观地判断移动是否对社区的整体调度优先级产生了正面或负面的影响。如果变化率为正,意味着移动后社区的调度优先级平均值增加,调度效率可能得到提升;如果变化率为负,表示移动后的调度优先级平均值降低,可能需要进一步调整调度方案,可以量化和评估移动某些节点(船舶)对整体调度优化的效果,从而提供优化调度策略的依据。

[0108] 整个调度优先级平均值变化率的计算过程可以概括为:先计算移动前后调度优先级的平均值,得到其差值,再将差值除以移动前的调度优先级平均值,从而得出变化率。这一计算方法能够帮助判断节点移动对社区整体调度效率的影响,并为后续的调度优化提供数据支持。在。

[0109] 步骤5:计算每个船舶集群的平均优先级,并按照平均优先级对船舶集群进行排

序,并按照排序结果让各个船舶集群内的船舶通过船闸。

[0110] 本实施例中,计算每个船舶集群的平均优先级时,依据集群内每个调度节点对应船舶的调度优先级,求出平均值作为该船舶集群的平均优先级数据,将所有船舶集群按照平均优先级从高到低排序,复线船闸内的船闸并行工作,一次性分配多个集群到不同的船闸,平均优先级高的集群先分配,优先级次高的集群则分配到其他空闲的船闸,每个船闸在完成当前集群的通行后,立刻开始下一组集群的通行,在有多个船闸同时空闲时,按照平均优先级高低将船舶集群分配到空闲船闸。

[0111] 每个船舶集群由多个船舶组成,每个船舶都有一个单独的调度优先级,反映了该船舶的调度紧迫性或重要性,对于一个船舶集群,首先要计算该集群的平均优先级,作为这个集群的整体优先级,计算完所有船舶集群的平均优先级后,将所有集群按照平均优先级从高到低进行排序,排序的结果能够清楚地显示出哪些船舶集群优先级更高,从而需要优先通过船闸,哪些集群优先级较低,可以在后续通行,平均优先级越高的集群越优先通行,这样可以确保较为紧急或重要的船舶能够最早通过船闸,降低整体的等待时间。

[0112] 复线船闸是指多个船闸可以同时并行操作。此时,多个船闸同时处理不同的船舶集群,复线船闸的并行工作能够提高整体的通行效率,根据排序结果,优先级最高的船舶集群将优先分配到某个空闲船闸,当多个船闸处于空闲状态时,将优先级次高的集群分配到其他空闲船闸。例如,如果有三条船闸空闲,则按照优先级的高低,前三个集群分别被分配到这三条船闸,这样能够最大化船闸的利用率,避免船闸处于空闲状态的同时,确保高优先级集群能够最早通过。

[0113] 当某条船闸完成当前集群的通行后,立即分配下一个待通行的船舶集群到该船闸上,确保船闸的连续工作,不出现空闲或等待,这种动态分配机制使得船闸的利用率保持在较高水平,且可以根据每座船闸的实际完成时间灵活调整后续调度,如果有多个船闸同时完成任务并变为空闲状态,那么仍然按照优先级高低分配下一组船舶集群,优先级最高的集群分配到某个空闲船闸,次高优先级的集群分配到其他空闲船闸。

[0114] 高优先级的船舶集群通过优先分配的机制,减少了其在等待通行过程中的时间,通过并行分配和动态分配,尽可能让所有船闸处于工作状态,减少船闸空闲时间,通过按优先级排序和动态调度的方式,系统可以灵活应对不同船舶集群的调度需求,确保整体流程的优化。

[0115] 假设有3个船闸和5个船舶集群,船舶集群的平均优先级从高到低排序为集群A、集群B、集群C、集群D和集群E,初始状态下,3个船闸都空闲,则会将集群A、集群B和集群C分别分配到3个船闸,当集群A所在的船闸首先完成任务,则立即将优先级最高的下一个集群D分配到该空闲的船闸,如果同时有两个船闸空闲,则系统会将集群D和集群E按照优先级顺序分别分配到这两个空闲船闸,如果某些船舶集群的优先级相同,优先安排船舶总数较多的集群。

[0116] 上述公式均是去量纲取其数值计算,公式是由采集大量数据进行软件模拟得到最近真实情况的一个公式,公式中的预设参数由本领域的技术人员根据实际情况进行设置。

[0117] 上述实施例,可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或其他任意组合来实现。当使用软件实现时,上述实施例可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现。本领域技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够通

过电子硬件,或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方法来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。

[0118] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,既可以位于一个地方,或者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者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0119] 以上所述,仅为本申请的具体实施方式,但本申请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申请揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。

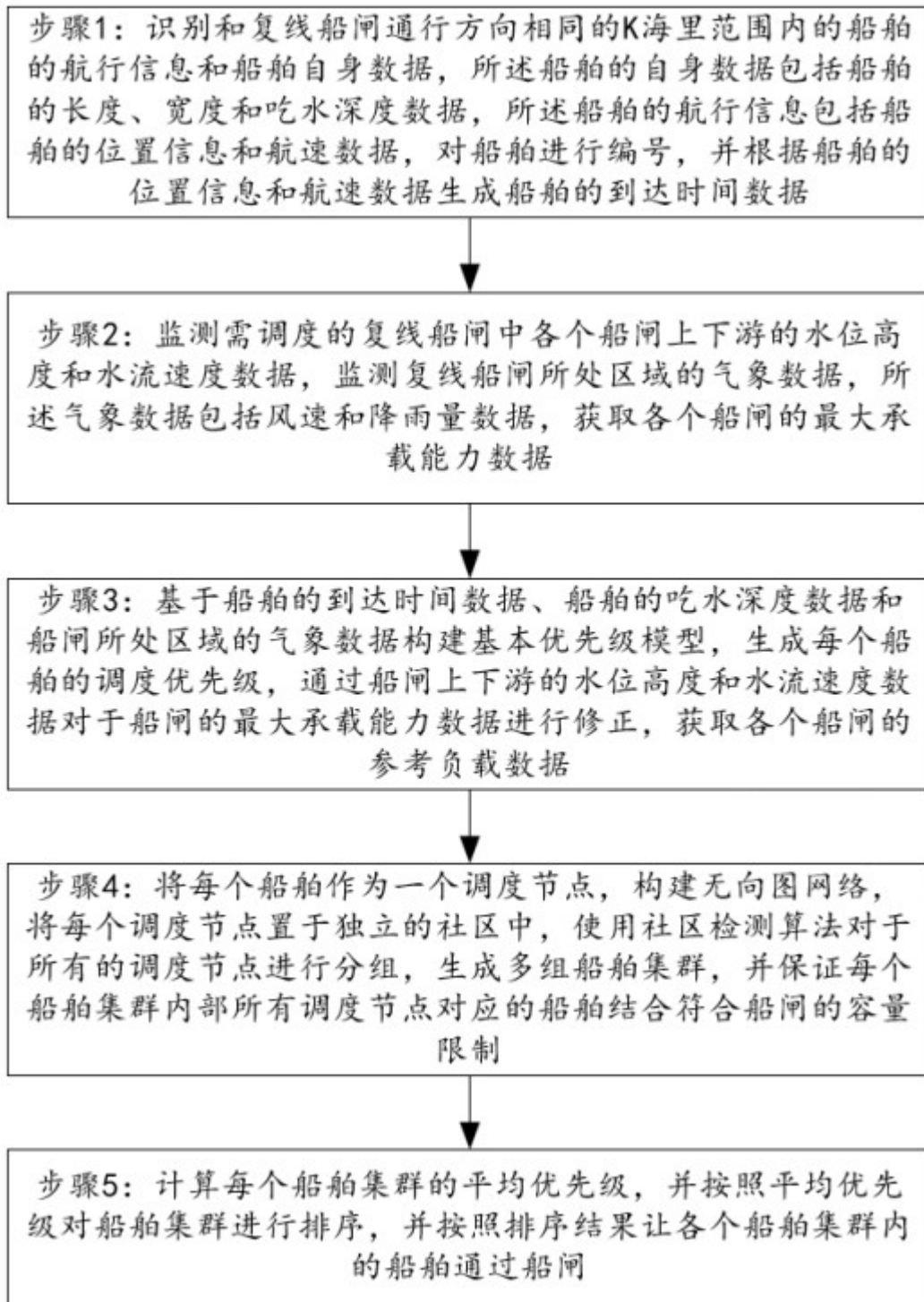


图 1