



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114708217 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 05

(21) 申请号 202210333056.3

(22) 申请日 2022.03.31

(71) 申请人 西南交通大学

地址 610013 四川省成都市金牛区二环路  
北一段111号

(72) 发明人 郭健

(74) 专利代理机构 北京中和立达知识产权代理  
有限公司 11756

专利代理师 孟姣

(51) Int. Cl.

G06T 7/00 (2017.01)

G06T 7/292 (2017.01)

G06T 7/80 (2017.01)

G08G 3/02 (2006.01)

G06Q 10/06 (2012.01)

权利要求书3页 说明书15页 附图4页

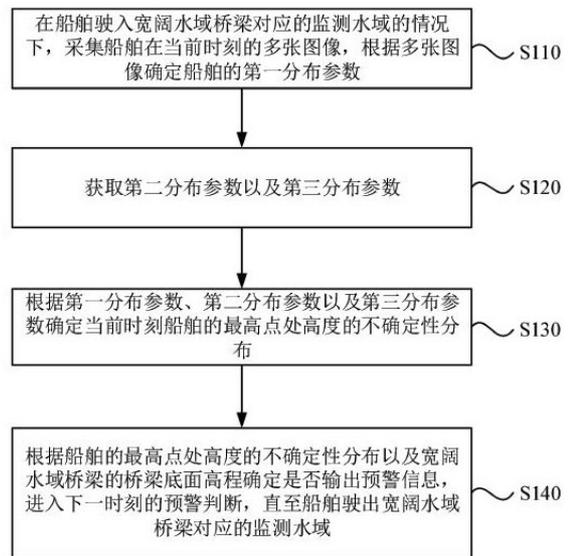
(54) 发明名称

宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法、  
装置及设备

(57) 摘要

本申请提供了宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法、装置及设备,涉及桥梁领域。该方法包括:在船舶驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域的情况下,采集船舶在当前时刻的多张图像,根据多张图像确定用于表征船舶在水面上高度的不确定性分布的第一分布参数;获取用于表征平均水位不确定性分布的第二分布参数及用于表征波浪平均浪高不确定性分布的第三分布参数;根据第一分布参数、第二分布参数及第三分布参数确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定性分布;根据最高点处高度的不确定性分布以及桥梁底面高程确定是否输出预警信息,进入下一时刻的预警判断,直至船舶驶出监测水域。本申请可以准确地对船舶超高导致碰撞宽阔水域桥梁的事件进行预警。

CN 114708217 A



1. 一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法,其特征在于,包括:

在船舶驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域的情况下,采集所述船舶在当前时刻的多张图像,根据所述多张图像确定所述船舶的第一分布参数,其中,所述第一分布参数用于表征当前时刻所述船舶在水面上高度的不确定性分布;

获取第二分布参数以及第三分布参数,其中,所述第二分布参数用于表征当前时刻的平均水位不确定性分布,所述第三分布参数用于表征当前时刻的波浪平均浪高不确定性分布;

根据所述第一分布参数、所述第二分布参数以及所述第三分布参数确定当前时刻所述船舶的最高点处高度的不确定性分布;

根据所述船舶的最高点处高度的不确定性分布以及所述宽阔水域桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息,进入下一时刻的预警判断,直至所述船舶驶出所述宽阔水域桥梁对应的监测水域。

2. 根据权利要求1所述的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法,其特征在于,所述第一分布参数包括第一估计值以及所述第一估计值对应的第一不确定因子,所述第一估计值为当前时刻所述船舶在水面上高度的最优估计值;所述第二分布参数包括第二估计值以及所述第二估计值对应的第二不确定因子,所述第二估计值为当前时刻的平均水位估计值;所述第三分布参数包括第三估计值以及所述第三估计值对应的第三不确定因子,所述第三估计值为当前时刻的波浪平均浪高估计值。

3. 根据权利要求2所述的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法,其特征在于,所述根据所述第一分布参数、所述第二分布参数以及所述第三分布参数确定当前时刻所述船舶的最高点处高度的不确定性分布,包括:

根据所述第一估计值、所述第二估计值以及所述第三估计值确定当前时刻所述船舶的最高点处高度的最优判断值;

根据所述第一不确定因子、所述第二不确定因子以及所述第三不确定因子确定当前时刻所述船舶的最高点处高度的不确定因子。

4. 根据权利要求3所述的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法,其特征在于,所述根据所述第一估计值、所述第二估计值以及所述第三估计值确定当前时刻所述船舶的最高点处高度的最优判断值,包括:

根据以下公式确定当前时刻所述船舶的最高点处高度的最优判断值:

$$\hat{H}_s = \hat{H}_0 + \hat{H} + \hat{H}_w;$$

其中, $\hat{H}_s$ 表示所述船舶的最高点处高度的最优判断值, $\hat{H}_0$ 表示所述第二估计值, $\hat{H}$ 表示所述第一估计值, $\hat{H}_w$ 表示所述第三估计值;

所述根据所述第一不确定因子、所述第二不确定因子以及所述第三不确定因子确定当前时刻所述船舶的最高点处高度的不确定因子,包括:

根据以下公式确定当前时刻所述船舶的最高点处高度的不确定因子:

$$\sigma_s^2 = \sigma_0^2 + \sigma^2 + \sigma_w^2;$$

其中, $\sigma_s$ 表示所述船舶的最高点处高度的不确定因子, $\sigma_0$ 表示所述第二不确定因子, $\sigma$

表示所述第一不确定因子,  $\sigma_w$  表示所述第三不确定因子,  $\sigma_0$  通过水位测量装置自身的系统特性确定,  $\sigma_w$  通过波浪测量装置自身的系统特性确定。

5. 根据权利要求3所述的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法, 其特征在于, 所述根据所述船舶的最高点处高度的不确定性分布以及所述宽阔水域桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息, 包括:

根据当前时刻所述船舶的最高点处高度的最优判断值以及不确定因子建立不同预警等级对应的不同预警值;

根据所述不同的预警值以及所述宽阔水域跨海桥梁的桥梁底面高程输出所述不同预警等级对应的不同预警信息。

6. 根据权利要求2所述的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法, 其特征在于, 所述采集所述船舶在当前时刻的多张图像, 根据所述多张图像确定所述船舶的第一分布参数, 包括:

通过双目摄像机采集所述船舶在当前时刻的多张图像, 并确定每张图像对应的三维轴侧透视图, 其中, 所述双目摄像机中的左侧摄像机和右侧摄像机分别安装于所述船舶的航道中心线的两侧;

基于视角变换算法, 根据所述三维轴侧透视图确定所述每张图像对应的主视图和侧视图;

根据每张图像对应的主视图和侧视图分别确定两个所述船舶在水面上高度的估计值;

根据由所述多张图像确定的多个所述船舶在水面上高度的估计值确定所述第一分布参数。

7. 根据权利要求6所述的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法, 其特征在于, 所述基于视角变换算法, 根据所述三维轴侧透视图确定所述每张图像对应的主视图和侧视图, 包括:

确定所述三维轴侧透视图中的四个角点坐标以及所述船舶的中心线位置坐标;

将所述四个角点坐标旋转 $\theta$ 度得到新的四个角点坐标, 其中,  $\theta$ 表示所述船舶的中心线与所述宽阔水域桥梁的桥梁轴线的倾角, 旋转方向为使所述船舶的中心线与所述桥梁轴线正交的方向;

根据所述新的四个角点坐标计算用于将三维视图转换为二维视图的视角变换矩阵;

根据计算出的所述视角变换矩阵将所述三维轴侧透视图转换为所述每张图像对应的主视图和侧视图。

8. 根据权利要求7所述的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法, 其特征在于, 所述多张图像为两张图像, 且所述两张图像包括由所述左侧摄像机拍摄的一张图像和所述右侧摄像机拍摄的一张图像; 所述两张图像确定的四个所述船舶在水面上高度的估计值按照从小到大的顺序排列后分别为A、B、C以及D, 且A、B、C以及D的中位数为N;

所述根据由所述多张图像确定的多个所述船舶在水面上高度的估计值确定所述第一分布参数, 包括:

在  $(N-A)/N > 10\%$  和  $(D-N)/N > 10\%$  均成立的情况下, 确定丢弃当前时刻所述两张图像确定的四个所述船舶在水面上高度的估计值, 进入下一时刻的预警判断;

在  $(N-A)/N > 10\%$  和  $(D-N)/N > 10\%$  中的一个成立的情况下, 计算所述第一估计值

$\hat{H} = B + \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \cdot (C - B)$ , 且计算所述第一不确定因子  $\sigma = \sqrt{\sigma_1 \cdot \sigma_2}$ , 其中,  $\sigma_1$  和  $\sigma_2$  分别为  $B$  和  $C$  的不确定因子;

在  $(N-A)/N > 10\%$  和  $(D-N)/N > 10\%$  均不成立的情况下, 根据  $A$ 、 $B$ 、 $C$  以及  $D$  计算所述左侧摄像机的最优估计值  $\hat{H}_{left}$ 、 $\hat{H}_{left}$  的不确定因子  $\sigma_{left}$ 、所述右侧摄像机的最优估计值  $\hat{H}_{right}$  以及  $\hat{H}_{right}$  的不确定因子  $\sigma_{right}$ , 将  $\hat{H}_{left}$  和  $\hat{H}_{right}$  的平均值作为所述第一估计值  $\hat{H}$ , 将  $\sigma_{left}$  和  $\sigma_{right}$  的平均值作为所述第一不确定因子  $\sigma$ ;

其中,  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_{left}$  和  $\sigma_{right}$  均与  $\theta$  相关。

9. 一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警装置, 其特征在于, 包括:

参数确定模块, 用于在船舶驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域的情况下, 采集所述船舶在当前时刻的多张图像, 根据所述多张图像确定所述船舶的第一分布参数, 其中, 所述第一分布参数用于表征当前时刻所述船舶在水面上高度的不确定性分布;

参数获取模块, 用于获取第二分布参数以及第三分布参数, 其中, 所述第二分布参数用于表征当前时刻的平均水位不确定性分布, 所述第三分布参数用于表征当前时刻的波浪平均浪高不确定性分布;

分布确定模块, 用于根据所述第一分布参数、所述第二分布参数以及所述第三分布参数确定当前时刻所述船舶的最高点处高度的不确定性分布

预警输出模块, 用于根据所述船舶的最高点处高度的不确定性分布以及所述宽阔水域桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息, 进入下一时刻的预警判断, 直至所述船舶驶出所述宽阔水域桥梁对应的监测水域。

10. 一种电子设备, 其特征在于, 包括:

一个或多个处理器;

存储器, 用于存储一个或多个程序;

双目摄像机, 用于采集图像, 并将采集的图像发送至所述一个或多个处理器;

当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行, 使得所述一个或多个处理器实现如权利要求1-8中任一项所述的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法。

11. 一种计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 其特征在于, 该程序被处理器执行时实现如权利要求1-8中任一项所述的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法。

## 宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法、装置及设备

### 技术领域

[0001] 本申请涉及桥梁领域,尤其涉及宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法、装置及设备。

### 背景技术

[0002] 船舶撞击跨海桥梁的事故已经成为威胁桥梁和船舶安全的重要因素。过桥船舶对跨海桥梁的威胁主要包括以下两种:其一是正常航行的船舶由于超高而撞击通航桥的梁体;其二是船舶由于偏航撞击非通航桥区域。由于桥梁上部结构一般刚度不大,被超高船舶撞击之后往往会对桥梁产生较为严重的破坏。因此有必要预先对船舶撞击跨海桥梁的事件进行预测和预警,确保跨海桥梁的通航安全。

### 发明内容

[0003] 本申请提供宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法、装置及设备,以有效地对船舶超高导致的碰撞宽阔水域桥梁的事件进行预警,提高预警的准确性和及时性。

[0004] 第一方面,本申请提供了一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法,包括:

在船舶驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域的情况下,采集所述船舶在当前时刻的多张图像,根据所述多张图像确定所述船舶的第一分布参数,其中,所述第一分布参数用于表征当前时刻所述船舶在水面上高度的不确定性分布;

获取第二分布参数以及第三分布参数,其中,所述第二分布参数用于表征当前时刻的平均水位不确定性分布,所述第三分布参数用于表征当前时刻的波浪平均浪高不确定性分布;

根据所述第一分布参数、所述第二分布参数以及所述第三分布参数确定当前时刻所述船舶的最高点处高度的不确定性分布;

根据所述船舶的最高点处高度的不确定性分布以及所述宽阔水域桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息,进入下一时刻的预警判断,直至所述船舶驶出所述宽阔水域桥梁对应的监测水域。

[0005] 第二方面,本申请还提供了一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警装置,包括:

参数确定模块,用于在船舶驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域的情况下,采集所述船舶在当前时刻的多张图像,根据所述多张图像确定所述船舶的第一分布参数,其中,所述第一分布参数用于表征当前时刻所述船舶在水面上高度的不确定性分布;

参数获取模块,用于获取第二分布参数以及第三分布参数,其中,所述第二分布参数用于表征当前时刻的平均水位不确定性分布,所述第三分布参数用于表征当前时刻的波浪平均浪高不确定性分布;

分布确定模块,用于根据所述第一分布参数、所述第二分布参数以及所述第三分布参数确定当前时刻所述船舶的最高点处高度的不确定性分布

预警输出模块,用于根据所述船舶的最高点处高度的不确定性分布以及所述宽阔

水域桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息,进入下一时刻的预警判断,直至所述船舶驶出所述宽阔水域桥梁对应的监测水域。

[0006] 第三方面,本申请还提供了一种电子设备,包括:

一个或多个处理器;

存储器,用于存储一个或多个程序;

双目摄像机,用于采集图像,并将采集的图像发送至所述一个或多个处理器;

当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行,使得所述一个或多个处理器实现上述的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法。

[0007] 第四方面,本申请还提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现上述的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法。

[0008] 本申请提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法、装置及设备,在船舶驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域的情况下,采集船舶在当前时刻的多张图像,根据多张图像确定船舶的第一分布参数,其中,第一分布参数用于表征当前时刻船舶在水面上高度的不确定性分布;获取第二分布参数以及第三分布参数,其中,第二分布参数用于表征当前时刻的平均水位不确定性分布,第三分布参数用于表征当前时刻的波浪平均浪高不确定性分布;根据第一分布参数、第二分布参数以及第三分布参数确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定性分布;根据船舶的最高点处高度的不确定性分布以及宽阔水域桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息,进入下一时刻的预警判断,直至船舶驶出宽阔水域桥梁对应的监测水域。本申请的方案具有较高的特异性,克服了现有技术中存在的缺陷,且本申请的方案中基于概率学理论从风险的角度确定合理的预警值,可以有效地对船舶超高导致的碰撞宽阔水域桥梁的事件进行预警,提高了预警的准确性和及时性。

## 附图说明

[0009] 图1为本申请实施例提供的一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法的流程示意图;

图2为本申请实施例提供的另一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法的流程示意图;

图3为本申请实施例提供的又一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法的流程示意图;

图4为本申请实施例提供的一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警装置的结构框图;

图5为本申请实施例提供的一种电子设备的结构示意图。

## 具体实施方式

[0010] 下面将参照附图更详细地描述本申请的实施例。虽然附图中显示了本申请的某些实施例,然而应当理解的是,本申请可以通过各种形式来实现,而且不应该被解释为限于这里阐述的实施例,相反提供这些实施例是为了更加透彻和完整地理解本申请。应当理解的是,本申请的附图及实施例仅用于示例性作用,并非用于限制本申请的保护范围。

[0011] 应当理解,本申请的方法实施方式中记载的各个步骤可以按照不同的顺序执行,

和/或并行执行。此外,方法实施方式可以包括附加的步骤和/或省略执行示出的步骤。本申请的范围在此方面不受限制。

[0012] 本文使用的术语“包括”及其变形是开放性包括,即“包括但不限于”。术语“基于”是“至少部分地基于”。术语“一个实施例”表示“至少一个实施例”;术语“另一实施例”表示“至少一个另外的实施例”;术语“一些实施例”表示“至少一些实施例”。其他术语的相关定义将在下文描述中给出。

[0013] 需要注意,本申请中提及的“一个”、“多个”的修饰是示意性而非限制性的,本领域技术人员应当理解,除非在上下文另有明确指出,否则应该理解为“一个或多个”。

[0014] 目前解决超高船舶过桥预警的核心是获取船舶的实时高度,一般而言有以下几种方法:

其一是通过经验公式的方法,通过判断船型和吨位,根据相关经验公式直接计算船舶在水面上的高度。但是这类方法属于宏观方法,不能根据船舶的实际情况进行判断,导致得到的船舶高度存在最大超过3米的误差。

[0015] 其二是获取船舶的船舶自动识别系统(AIS)编码,使用AIS直接读取船舶的高度和吃水深度等信息。但是这类方法会因为未知船舶当天的实际载重量而存在误差,导致超高风险。

[0016] 其三是目前应用最为广泛的方法,在通航桥两侧稍低于桥底的高度架设激光发射装置和接收装置,一旦接收装置无法接收到发射装置发射的激光信号即表明有超高船舶通行。这类方法属于直接测量的方法,可以考虑船舶的特殊性,但仍然存在一些缺陷。首先是激光容易受到鸟类遮挡等干扰从而导致误报,其次是需要激光发射装置不间断发射激光,耗能大导致元件的使用寿命较短。

[0017] 为了克服上述现有技术中的缺陷,本申请提出一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法。

[0018] 图1为本申请实施例提供的一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法的流程图。该方法可以由宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警装置执行,其中,该装置可以由软件和/或硬件实现,可配置于电子设备中。本申请实施例提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法适用于对船舶超高导致的碰撞宽阔水域桥梁的事件进行预警的场景。如图1所示,本实施例提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法可以包括:

S110、在船舶驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域的情况下,采集船舶在当前时刻的多张图像,根据多张图像确定船舶的第一分布参数。

[0019] 其中,第一分布参数用于表征当前时刻船舶在水面上高度的不确定性分布。第一分布参数包括第一估计值以及第一估计值对应的第一不确定因子,第一估计值为当前时刻船舶在水面上高度的最优估计值。宽阔水域桥梁可以为跨海桥梁。

[0020] 本实施例中,在确定船舶的第一分布参数之前,需要先判断船舶是否驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域。具体的,图像采集装置每隔一个监测周期(例如每半小时)拍摄监测水域中的图像,将拍摄到的图像中的每个像素点的灰度与预存的背景图像中的对应像素点的灰度进行比较,去除拍摄到的图像中与背景图像中的像素点灰度相似的像素点(例如相似度超过80%即可确定为灰度相似的像素点,可根据实际水域环境的复杂程度设立合理的相似度阈值),若拍摄到的图像中剩余的像素点占有所有像素点的百分比大于预设阈值,则

判定监测水域中有运动的船舶,并可根据拍摄到的图像中剩余的像素点所在的位置框定出船舶的大小。

[0021] 在根据上述判断确定船舶已经驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域的情况下,根据当前时刻采集的多张图像确定船舶的第一分布参数。具体的,该采集的多张图像可以包括用于判断船舶是否驶入监测水域时拍摄的图像,从而减少图像采集装置的工作量并提高预警及时性。需要说明的是,当前时刻位于一个采集周内,该采集周期可以为一个监测周期,也可以是比一个监测周期的时间长度短的时间周期。

[0022] 通过对采集的多张图像进行图像识别以及对识别出的图像数据进行预设变换,可以得到用于表征当前时刻船舶在水面上高度的不确定性分布,其中,该不确定性分布可以用第一估计值以及第一不确定因子表示,第一估计值为当前时刻船舶在水面上高度的最优估计值,第一不确定因子可以理解为该不确定分布的标准差或误差。例如,确定当前时刻船舶在水面上高度的不确定性分布为(10,0.5),则第一估计值为10米,第一不确定因子为0.5米。

[0023] 现有技术中通过经验公式和AIS确定船舶在水面上高度的方法均属于间接测量法,即不通过物理观测的手段获取船舶超出水面的高度,存在较大误差,易增加船舶超高撞击桥梁的风险。本实施例中通过图像采集装置采集的图像数据确定第一分布参数,属于直接测量法,本实施例中的方案可以充分考虑船舶在航行当天的特殊性,例如载重多少、是否存在改装等,且跨海桥梁所处的海域环境经常存在强风巨浪等恶劣天气,容易造成船舶起伏,本实施例中的方案也将该因素作为考虑对象。现有技术中利用激光测量船舶在水面上高度的方法存在测高装置在跨海桥梁所在海域的架设位置难以把握以及限高装置难以固定(或者固定后形成了新的碍航物)的问题,本实施例中的方案通过安装在桥梁结构上的图像采集装置即可实现,可以克服上述问题。而且激光测高装置存在耗能高、使用寿命短(尤其是在宽阔的、可能会有雨雾的跨海桥梁所在海域,激光发射器发射距离长,导致对功率要求高,设备使用寿命短)以及在雨天可靠度降低的问题,本实施例中的方案利用的是图像采集装置的拍摄数据,仅需依赖自然光线的反射即可完成测量,耗能小,且设备使用寿命较长。

[0024] S120、获取第二分布参数以及第三分布参数。

[0025] 其中,第二分布参数用于表征当前时刻的平均水位不确定性分布,第三分布参数用于表征当前时刻的波浪平均浪高不确定性分布。第二分布参数包括第二估计值以及第二估计值对应的第二不确定因子,第二估计值为当前时刻的平均水位估计值;第三分布参数包括第三估计值以及第三估计值对应的第三不确定因子,第三估计值为当前时刻的波浪平均浪高估计值。

[0026] 本实施例中,可以通过水位测量装置以及波浪测量装置确定第二分布参数以及第三分布参数,其中,第二不确定因子与第三不确定因子分别与水位测量装置以及波浪测量装置自身的系统特性相关,水位测量装置以及波浪测量装置包括但不限于测高杆、浮标等。本实施例对获取第二分布参数以及第三分布参数的方式不进行限定,例如,还可以通过海事气象预报数据确定第二分布参数以及第三分布参数。

[0027] S130、根据第一分布参数、第二分布参数以及第三分布参数确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定性分布。

[0028] 具体的,根据第一估计值、第二估计值以及第三估计值确定当前时刻船舶的最高点处高度的最优判断值;根据第一不确定因子、第二不确定因子以及第三不确定因子确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定因子。

[0029] 本实施例中,根据第二分布参数表征的海平面高度数据、第三分布参数表征的波浪高度数据以及第一分布参数表征的船舶在水上的高度数据,基于概率学理论,确定船舶的最高点处高度的不确定性分布,为后续确定船舶的预警值奠定数据基础。

[0030] S140、根据船舶的最高点处高度的不确定性分布以及宽阔水域桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息,进入下一时刻的预警判断,直至船舶驶出宽阔水域桥梁对应的监测水域。

[0031] 本实施例中,在完成对当前时刻的预警判断后,进入下一时刻的预警判断,直至船舶驶出宽阔水域桥梁对应的监测水域。判断船舶是否驶出监测水域的方法与判断船舶是否驶入监测水域方法类似,此处不再赘述。

[0032] 本实施例提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法中,在船舶驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域的情况下,采集船舶在当前时刻的多张图像,根据多张图像确定船舶的第一分布参数,其中,第一分布参数用于表征当前时刻船舶在水面上高度的不确定性分布;获取第二分布参数以及第三分布参数,其中,第二分布参数用于表征当前时刻的平均水位不确定性分布,第三分布参数用于表征当前时刻的波浪平均浪高不确定性分布;根据第一分布参数、第二分布参数以及第三分布参数确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定性分布;根据船舶的最高点处高度的不确定性分布以及宽阔水域桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息,进入下一时刻的预警判断,直至船舶驶出宽阔水域桥梁对应的监测水域。本实施例的方案具有较高的特异性,克服了现有技术中存在的缺陷,且本实施例的方案中基于概率学理论从风险的角度确定合理的预警值,可以有效地对船舶超高导致的碰撞宽阔水域桥梁的事件进行预警,提高了预警的准确性和及时性。

[0033] 图2为本申请实施例提供的另一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法的流程示意图,本实施例中的方案可以与上述实施例中的一个或多个可选方案组合。如图2所示,本实施例提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法可以包括:

S210、在船舶驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域的情况下,采集船舶在当前时刻的多张图像,根据多张图像确定船舶的第一分布参数。

[0034] 其中,第一分布参数包括第一估计值以及第一估计值对应的第一不确定因子,第一估计值为当前时刻船舶在水面上高度的最优估计值。

[0035] S220、获取第二分布参数以及第三分布参数。

[0036] 其中,第二分布参数包括第二估计值以及第二估计值对应的第二不确定因子,第二估计值为当前时刻的平均水位估计值;第三分布参数包括第三估计值以及第三估计值对应的第三不确定因子,第三估计值为当前时刻的波浪平均浪高估计值。

[0037] 需要说明的是,第三估计值可以理解为是当前时刻以波浪平均浪高为主,且包含其他随机因素的估计值。本实施例中,获取第二分布参数以及第三分布参数的方法属于现有技术,本实施例对此不作限定。

[0038] S230、根据第一估计值、第二估计值以及第三估计值确定当前时刻船舶的最高点处高度的最优判断值。

[0039] 具体的,根据以下公式确定当前时刻船舶的最高点处高度的最优判断值:

$$\hat{H}_s = \hat{H}_0 + \hat{H} + \hat{H}_w;$$

其中, $\hat{H}_s$ 表示船舶的最高点处高度的最优判断值, $\hat{H}_0$ 表示第二估计值, $\hat{H}$ 表示第一估计值, $\hat{H}_w$ 表示第三估计值。

[0040] S240、根据第一不确定因子、第二不确定因子以及第三不确定因子确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定因子。

[0041] 具体的,根据以下公式确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定因子:

$$\sigma_s^2 = \sigma_0^2 + \sigma^2 + \sigma_w^2;$$

其中, $\sigma_s$ 表示船舶的最高点处高度的不确定因子, $\sigma_0$ 表示第二不确定因子, $\sigma$ 表示第一不确定因子, $\sigma_w$ 表示第三不确定因子, $\sigma_0$ 通过水位测量装置自身的系统特性确定, $\sigma_w$ 通过波浪测量装置自身的系统特性确定。

[0042] 本实施例利用正态分布来表示船舶的最高点处高度的不确定性。假设第一估计值为10米,第一不确定因子为0.5米;第二估计值为20米,第二不确定因子为1米;第三估计值为5米,第三不确定因子为0.5米,则船舶的最高点处高度的最优判断值为 $20+10+5=35$ 米,船舶的最高点处高度的不确定因子为 $\sqrt{(1+20)^2+(0.5+10)^2+(0.5+5)^2}=0.122$ 米,可以认为船舶的最高点处高度的不确定性可满足(35,0.122)的正态分布。

[0043] S250、根据船舶的最高点处高度的不确定性分布以及宽阔水域桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息,进入下一时刻的预警判断,直至船舶驶出宽阔水域桥梁对应的监测水域。

[0044] 例如,针对步骤S240中的具体示例,采用3倍标准差作为零风险基准值,则船舶的最高点预警值为 $35+3 \times 35 \times 0.122=47.8$ 米,当桥梁底面高程超过该零风险基准值时认为没有超高撞击桥梁的风险。

[0045] 具体的,根据船舶的最高点处高度的不确定性分布以及宽阔水域跨海桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息,包括:根据当前时刻船舶的最高点处高度的最优判断值以及不确定因子建立不同预警等级对应的不同预警值;根据不同的预警值以及桥梁底面高程输出不同预警等级对应的不同预警信息。

[0046] 例如,当桥梁底面高程小于船舶的最高点处高度的最优判断值对应的预警值时触发第一预警等级;当桥梁底面高程大于或等于船舶的最高点处高度的最优判断值且小于1倍标准差对应的预警值时触发第二预警等级;当桥梁底面高程大于或等于1倍标准差对应的预警值且小于2倍标准差对应的预警值时触发第三预警等级;当桥梁底面高程超过3倍标准差对应的零风险基准值时认为没有超高撞击桥梁的风险。其中,不同预警等级的严重程度排序为:第一预警等级的严重程度>第二预警等级的严重程度>第三预警等级的严重程度。

[0047] 例如,针对步骤S240中的具体示例,当桥梁底面高程小于35米时,船舶有超过50%的概率超高撞击桥梁,触发第一预警等级;当桥梁底面高程大于或等于35米且小于39.27米(1倍标准差对应的预警值: $35+1 \times 35 \times 0.122=39.27$ )时,根据正态分布的规律可知船舶仍

有31.8%的概率超高撞击桥梁,触发第二预警等级;当桥梁底面高程大于或等于39.27米且小于43.54米(2倍标准差对应的预警值: $35+2\times 35\times 0.122=43.54$ )时,船舶有4.6%的概率超高撞击桥梁,触发第三预警等级;当桥梁底面高程超过47.8米时,船舶超高撞击桥梁的概率小于0.4%,在一次事件中基本不可能发生,认为船舶没有超高撞击桥梁的风险。据此,大桥管理部门可根据不同等级的预警来制定不同级别的应急措施。

[0048] 本实施例提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法中,针对如何确定当前时刻船舶的最高点处高度的最优判断值以及不确定因子给出了具体的实施方案,利用正态分布来表示船舶的最高点处高度的不确定性,使得最终确定的船舶的预警值更加准确。

[0049] 图3为本申请实施例提供的又一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法的流程图示意图,本实施例中的方案可以与上述实施例中的一个或多个可选方案组合。如图3所示,本实施例提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法可以包括:

S310、通过双目摄像机采集船舶在当前时刻的多张图像,并确定每张图像对应的三维轴侧透视图。

[0050] 其中,双目摄像机中的左侧摄像机和右侧摄像机分别安装于船舶的航道中心线的两侧。具体的,对于单跨式的上下航道在一个桥孔内的主通航桥,左侧摄像机和右侧摄像机可以安装在航道中心线两侧,即上下航道中心线对应的桥底上;对于区分上下航道的主通航桥,可以在上航道中心线的两侧安装一套双目摄像机并在下航道中心线的两侧安装一套双目摄像机。

[0051] 本实施例提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法,还包括:获取双目摄像机的安装位置坐标,摄像头像素以及摄像机的CMOS像素密度等相机参数。

[0052] 针对在跨海桥梁所在海域使用测高装置的现有技术,还存在3个难以解决的问题。第一个问题是测高装置架设的位置与桥梁的位置之间的距离难以确定,如果测高装置架设得距离桥梁太近,则一旦出现危险情况船舶没有充足的时间采取应急措施,导致测高装置仅能用于事故后取证;如果测高装置架设得距离桥梁太远,则存在船舶“安全”地通过测高装置后发生偏航撞击高度较低的桥梁构件或者因为遭遇波浪等随机因素导致船舶在过桥时超高等风险。第二个问题是对于跨海桥梁所在的宽阔海域而言,无法像内河桥梁一样在两岸架设测高装置,若采用插土式固定装置,则该装置在较深的海域难以使用,且会形成新的碍航物;如果采用浮标式固定装置,则该装置容易因为其本身的不稳定,使得其上方的测高装置发生晃动无法正常工作。第三个问题是激光测高装置较容易因为降雨等导致穿透性较低,无法在跨海桥梁所在的宽阔海域中适用。本实施例将双目摄像机中的左侧摄像机和右侧摄像机分别安装于船舶的航道中心线的两侧,且双目摄像机与桥梁本身的结构连接架设,可以克服现有技术中的上述缺陷。

[0053] 本实施例中可以通过双目视觉原理和/或图像识别算法识别每张图像,并得到每张图像对应的三维轴侧透视图,该处理过程属于现有技术,本实施例不再赘述。需要说明的是,在上述处理过程中可以确定船舶的真实世界坐标(X,Y,Z),根据该真实世界坐标以及摄像机的安装位置坐标还可以确定船舶到宽阔水域桥梁的真实距离。

[0054] S320、基于视角变换算法,根据三维轴侧透视图确定每张图像对应的主视图和侧视图。

[0055] 具体的,确定三维轴侧透视图中的四个角点坐标以及船舶的中心线位置坐标;将

四个角点坐标旋转 $\theta$ 度得到新的四个角点坐标,其中, $\theta$ 表示船舶的中心线与宽阔水域桥梁的桥梁轴线的倾角,旋转方向为使船舶的中心线与桥梁轴线正交的方向;根据新的四个角点坐标计算用于将三维视图转换为二维视图的视角变换矩阵;根据计算出的视角变换矩阵将三维轴侧透视图转换为每张图像对应的主视图和侧视图。

[0056] 由于船舶是不规则结构物体,且不同船舶的结构之间也可能存在较大的差异。为了准确地获得每张图像对应的主视图和侧视图,本实施例中,在进行视角变换之前,先确定船舶的中心线位置坐标,将船舶的中心线作为视角变换的参照基础,从而使得不同船舶的三维轴侧透视图可以基于相同的算法进行视角变换,提高了本实施例的适用性。

[0057] 具体的,任意图片进行视角变换的计算公式为:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix};$$

其中, $X, Y, Z$ 表示视角变换前的三维位置坐标, $u, v$ 表示变换后的二维位置坐标,

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \text{表示视角变换矩阵, } a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{31}, a_{32}, a_{33} \text{为视角变换矩阵中}$$

的待求取元素。

[0058] 根据上述计算公式,可以得到下述方程组:

$$\begin{cases} X = \frac{a_{11}u + a_{12}v + a_{13}}{a_{13}u + a_{23}v + a_{33}} \\ Y = \frac{a_{12}u + a_{22}v + a_{32}}{a_{13}u + a_{23}v + a_{33}}; \\ Z = 1 \end{cases}$$

假设 $a_{33}=1$  (仅代表比例系数,不影响计算结果),则视角变换矩阵中有8个待求取元素。

[0059] 将三维轴侧透视图的4个角点坐标旋转 $\theta$ 度得到新的4个角点坐标(进行该步操作的目的是使得船舶的中心线与桥梁轴线正交)。其中, $\theta$ 表示船舶的中心线(即船头、船尾的连线)与水平线(即桥梁轴线)的倾角,旋转方向为使船舶的中心线与桥梁轴线正交的方向。本实施例中识别船舶的中心线的方法属于现有技术,此处不再赘述。在得到旋转前4个角点坐标和旋转后的4个角点坐标后,就可以解出上述方程组中的8个待求取元素,从而将三维轴侧透视图变换成包含船高信息的二维图像,即船舶的主视图和侧视图。其中,主视图包括与 $\sin\theta$ 对应的船舶三维图像信息,侧视图包括与 $\cos\theta$ 对应的船舶三维图像信息。

[0060] S330、根据每张图像对应的主视图和侧视图分别确定两个船舶在水面上高度的估计值。

[0061] 在获得每张图像对应的主视图和侧视图后,可以读取主视图和侧视图中的船舶高度信息,得到船舶在水面上高度的估计值。

[0062] 一实施例中,可以通过实际标定测试的方法来推导船舶在水面上高度的估计值。即通过实际标定测试的方法预先建立船舶到宽阔水域桥梁的真实距离、船舶在水面上真实高度以及视图中的船舶在水面上的高度三者之前的映射关系。该映射关系建立完毕后,可以在实际应用中通过读取主视图和侧视图中的船舶在水面上的高度分别得到两个船舶在水面上高度的估计值。

[0063] 一实施例中,在缺乏标定试验的情况下,也可以通过成像公式来确定船舶在水面上高度的估计值。根据摄像头像素、摄像机的CMOS像素密度、镜头焦距等相机参数,以及视图中的船舶在水面上的高度确定真实情况下船舶在水面上高度的估计值。该方法属于现有技术,此处不再赘述。

[0064] S340、根据由多张图像确定的多个船舶在水面上高度的估计值确定第一分布参数。

[0065] 本实施例中,多张图像为两张图像,且两张图像包括由左侧摄像机拍摄的一张图像和右侧摄像机拍摄的一张图像;两张图像确定的四个船舶在水面上高度的估计值按照从小到大的顺序排列后分别为A、B、C以及D,且A、B、C以及D的中位数为N。

[0066] 四个船舶在水面上高度的估计值分别为左侧摄像机拍摄到的船舶侧视图的估计值、左侧摄像机拍摄到的船舶主视图的估计值、右侧摄像机拍摄到的船舶侧视图的估计值、右侧摄像机拍摄到的船舶主视图的估计值。对于这四个估计值,有些估计值的可信度较高,有些估计值可能因为 $\sin\theta$ 或者 $\cos\theta$ 的值过小导致所得到的二维视图缺失了很多有效信息,或者有些估计值可能因为在左侧摄像机或者右侧摄像机的视角下存在与船舶无关的遮挡物导致拍摄或者识别效果不佳从而使得这些估计值不准确。因此需要对这四个船舶在水面上高度的估计值进行数据处理。

[0067] 具体的,根据由多张图像确定的多个船舶在水面上高度的估计值确定第一分布参数,包括:

(1) 在  $(N-A)/N > 10\%$  和  $(D-N)/N > 10\%$  均成立的情况下,表明这四个船舶在水面上高度的估计值相差很大,当前时刻的测高过程无效,确定丢弃当前时刻两张图像确定的四个船舶在水面上高度的估计值,进入下一时刻的预警判断;

(2) 在  $(N-A)/N > 10\%$  和  $(D-N)/N > 10\%$  中的一个成立的情况下,认为当前时刻的测高过程有效,但需要丢弃A、D两个异常值,计算第一估计值  $\hat{H} = B + \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \cdot (C - B)$ , 且计算第一不确定因子  $\sigma = \sqrt{\sigma_1 \cdot \sigma_2}$ , 其中,  $\sigma_1$  和  $\sigma_2$  分别为B和C的不确定因子;

(3) 在  $(N-A)/N > 10\%$  和  $(D-N)/N > 10\%$  均不成立的情况下,认为当前时刻的测高过程有效,且不需要丢弃任何数值,根据A、B、C以及D计算左侧摄像机的最优估计值  $\hat{H}_{left}$ 、 $\hat{H}_{left}$  的不确定因子  $\sigma_{left}$ 、右侧摄像机的最优估计值  $\hat{H}_{right}$  以及  $\hat{H}_{right}$  的不确定因子  $\sigma_{right}$ , 将  $\hat{H}_{left}$  和  $\hat{H}_{right}$  的平均值作为第一估计值  $\hat{H}$ , 并将  $\sigma_{left}$  和  $\sigma_{right}$  的平均值作为第一不确定因子  $\sigma$ 。

[0068] 本实施例中,  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  均与 $\theta$ 相关。如果B为从主视图得到的船舶在水面上高度的估计值,那么B包括与 $\sin\theta$ 对应的船舶三维图像信息,则  $\sigma_1 = \sin\theta$ ; 如果B为从侧视图得到的船

舶在水面上高度的估计值,那么 $B$ 包括与 $\cos\theta$ 对应的船舶三维图像信息,则 $\sigma_1 = \cos\theta$ 。对于估计值 $C$ 而言同理。

[0069] 在上述(3)中,确定 $\hat{H}_{left}$ 、 $\hat{H}_{right}$ 、 $\sigma_{left}$ 和 $\sigma_{right}$ 的具体步骤可以是:将 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 以及 $D$ 按所属的摄像机分为两组。对于每组的两个估计值,即同属于一侧摄像机拍摄的图像所得到的估计值,进行类似于(2)中的操作,得到左侧摄像机的最优估计值 $\hat{H}_{left}$ 和右侧摄像机的最优估计值 $\hat{H}_{right}$ 。同样的, $\sigma_{left}$ 和 $\sigma_{right}$ 的计算方式与(2)中计算 $\sigma$ 的方式相同。

[0070] S350、获取第二分布参数以及第三分布参数。

[0071] 其中,第二分布参数包括第二估计值以及第二估计值对应的第二不确定因子,第二估计值为当前时刻的平均水位估计值;第三分布参数包括第三估计值以及第三估计值对应的第三不确定因子,第三估计值为当前时刻的波浪平均浪高估计值。

[0072] S360、根据第一估计值、第二估计值以及第三估计值确定当前时刻船舶的最高点处高度的最优判断值。

[0073] 根据以下公式确定当前时刻船舶的最高点处高度的最优判断值:

$$\hat{H}_s = \hat{H}_0 + \hat{H} + \hat{H}_w;$$

其中, $\hat{H}_s$ 表示船舶的最高点处高度的最优判断值, $\hat{H}_0$ 表示第二估计值, $\hat{H}$ 表示第一估计值, $\hat{H}_w$ 表示第三估计值。

[0074] S370、根据第一不确定因子、第二不确定因子以及第三不确定因子确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定因子。

[0075] 根据以下公式确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定因子:

$$\sigma_s^2 = \sigma_0^2 + \sigma^2 + \sigma_w^2;$$

其中, $\sigma_s$ 表示船舶的最高点处高度的不确定因子, $\sigma_0$ 表示第二不确定因子, $\sigma$ 表示第一不确定因子, $\sigma_w$ 表示第三不确定因子, $\sigma_0$ 通过水位测量装置自身的系统特性确定, $\sigma_w$ 通过波浪测量装置自身的系统特性确定。

[0076] S380、根据船舶的最高点处高度的不确定性分布以及宽阔水域桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息,进入下一时刻的预警判断,直至船舶驶出宽阔水域桥梁对应的监测水域。

[0077] 本实施例提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法对如何根据多张图像确定船舶的第一分布参数进行了限定,提出了有效的视角变换算法以及数据处理算法,使得确定的第一分布参数更加准确。

[0078] 图4为本申请实施例提供的一种宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警装置的结构框图。该装置可以由软件和/或硬件实现,可配置于电子设备中,如图4所示,本实施例提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警装置可以包括:参数确定模块401、参数获取模块402、分布确定模块403和预警输出模块404,其中,

参数确定模块401,用于在船舶驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域的情况下,采集船舶在当前时刻的多张图像,根据多张图像确定船舶的第一分布参数,其中,第一分布参数

用于表征当前时刻船舶在水面上高度的不确定性分布；

参数获取模块402,用于获取第二分布参数以及第三分布参数,其中,第二分布参数用于表征当前时刻的平均水位不确定性分布,第三分布参数用于表征当前时刻的波浪平均浪高不确定性分布；

分布确定模块403,用于根据第一分布参数、第二分布参数以及第三分布参数确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定性分布

预警输出模块404,用于根据船舶的最高点处高度的不确定性分布以及宽阔水域桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息,进入下一时刻的预警判断,直至船舶驶出宽阔水域桥梁对应的监测水域。

[0079] 本实施例提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警装置中,在船舶驶入宽阔水域桥梁对应的监测水域的情况下,采集船舶在当前时刻的多张图像,根据多张图像确定船舶的第一分布参数,其中,第一分布参数用于表征当前时刻船舶在水面上高度的不确定性分布;获取第二分布参数以及第三分布参数,其中,第二分布参数用于表征当前时刻的平均水位不确定性分布,第三分布参数用于表征当前时刻的波浪平均浪高不确定性分布;根据第一分布参数、第二分布参数以及第三分布参数确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定性分布;根据船舶的最高点处高度的不确定性分布以及宽阔水域桥梁的桥梁底面高程确定是否输出预警信息,进入下一时刻的预警判断,直至船舶驶出宽阔水域桥梁对应的监测水域。本实施例的方案具有较高的特异性,克服了现有技术中存在的缺陷,且本实施例的方案中基于概率学理论从风险的角度确定合理的预警值,可以有效地对船舶超高导致的碰撞宽阔水域桥梁的事件进行预警,提高了预警的准确性和及时性。

[0080] 在上述方案的基础上,第一分布参数包括第一估计值以及第一估计值对应的第一不确定因子,第一估计值为当前时刻船舶在水面上高度的最优估计值;第二分布参数包括第二估计值以及第二估计值对应的第二不确定因子,第二估计值为当前时刻的平均水位估计值;第三分布参数包括第三估计值以及第三估计值对应的第三不确定因子,第三估计值为当前时刻的波浪平均浪高估计值。

[0081] 在上述方案的基础上,分布确定模块403包括:

第一确定单元,用于根据第一估计值、第二估计值以及第三估计值确定当前时刻船舶的最高点处高度的最优判断值;

第二确定单元,用于根据第一不确定因子、第二不确定因子以及第三不确定因子确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定因子。

[0082] 在上述方案的基础上,第一确定单元,具体用于根据以下公式确定当前时刻船舶的最高点处高度的最优判断值:

$$\hat{H}_s = \hat{H}_0 + \hat{H} + \hat{H}_w;$$

其中, $\hat{H}_s$ 表示船舶的最高点处高度的最优判断值, $\hat{H}_0$ 表示第二估计值, $\hat{H}$ 表示第一估计值, $\hat{H}_w$ 表示第三估计值;

第二确定单元,具体用于根据以下公式确定当前时刻船舶的最高点处高度的不确定因子:

$$\sigma_s^2 = \sigma_0^2 + \sigma^2 + \sigma_w^2;$$

其中,  $\sigma_s$  表示船舶的最高点处高度的不确定因子,  $\sigma_0$  表示第二不确定因子,  $\sigma$  表示第一不确定因子,  $\sigma_w$  表示第三不确定因子,  $\sigma_0$  通过水位测量装置自身的系统特性确定,  $\sigma_w$  通过波浪测量装置自身的系统特性确定。

[0083] 在上述方案的基础上, 预警输出模块404具体用于:

根据当前时刻船舶的最高点处高度的最优判断值以及不确定因子建立不同预警等级对应的不同预警值;

根据不同的预警值以及宽阔水域跨海桥梁的桥梁底面高程输出不同预警等级对应的不同预警信息。

[0084] 在上述方案的基础上, 参数确定模块401, 包括:

第一视图确定单元, 用于通过双目摄像机采集船舶在当前时刻的多张图像, 并确定每张图像对应的三维轴侧透视图, 其中, 双目摄像机中的左侧摄像机和右侧摄像机分别安装于船舶的航道中心线的两侧;

第二视图确定单元, 用于基于视角变换算法, 根据三维轴侧透视图确定每张图像对应的主视图和侧视图;

估计值确定单元, 用于根据每张图像对应的主视图和侧视图分别确定两个船舶在水面上高度的估计值;

分布参数确定单元, 用于根据由多张图像确定的多个船舶在水面上高度的估计值确定第一分布参数。

[0085] 在上述方案的基础上, 第二视图确定单元, 具体用于:

确定三维轴侧透视图中的四个角点坐标以及船舶的中心线位置坐标;

将四个角点坐标旋转 $\theta$ 度得到新的四个角点坐标, 其中,  $\theta$ 表示船舶的中心线与宽阔水域桥梁的桥梁轴线的倾角, 旋转方向为使船舶的中心线与桥梁轴线正交的方向;

根据新的四个角点坐标计算用于将三维视图转换为二维视图的视角变换矩阵;

根据计算出的视角变换矩阵将三维轴侧透视图转换为每张图像对应的主视图和侧视图。

[0086] 在上述方案的基础上, 多张图像为两张图像, 且两张图像包括由左侧摄像机拍摄的一张图像和右侧摄像机拍摄的一张图像; 两张图像确定的四个船舶在水面上高度的估计值按照从小到大的顺序排列后分别为A、B、C以及D, 且A、B、C以及D的中位数为N;

分布参数确定单元, 具体用于:

在  $(N-A)/N > 10\%$  和  $(D-N)/N > 10\%$  均成立的情况下, 确定丢弃当前时刻两张图像确定的四个船舶在水面上高度的估计值, 进入下一时刻的预警判断;

在  $(N-A)/N > 10\%$  和  $(D-N)/N > 10\%$  中的一个成立的情况下, 计算第一估计值

$\hat{H} = B + \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \cdot (C - B)$ , 且计算第一不确定因子  $\sigma = \sqrt{\sigma_1 \cdot \sigma_2}$ , 其中,  $\sigma_1$  和  $\sigma_2$  分别为B和C的不确定因子;

在  $(N-A)/N > 10\%$  和  $(D-N)/N > 10\%$  均不成立的情况下, 根据A、B、C以及D计算左侧摄像机的最优估计值  $\hat{H}_{left}$ 、 $\hat{H}_{left}$  的不确定因子  $\sigma_{left}$ 、右侧摄像机的最优估计值  $\hat{H}_{right}$  以及  $\hat{H}_{right}$

的不确定因子 $\sigma_{right}$ ,将 $\hat{H}_{left}$ 和 $\hat{H}_{right}$ 的平均值作为第一估计值 $\hat{H}$ ,将 $\sigma_{left}$ 和 $\sigma_{right}$ 的平均值作为第一不确定因子 $\sigma$ ;

其中, $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_{left}$ 和 $\sigma_{right}$ 均与 $\theta$ 相关。

[0087] 本申请实施例提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警装置可执行本申请任意实施例提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法,具备执行宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法相应的功能模块和有益效果。未在本实施例中详尽描述的技术细节,可参见本申请任意实施例所提供的宽阔水域桥梁防超高船舶碰撞的预警方法。

[0088] 下面参考图5,其示出了适于用来实现本申请实施例的电子设备(例如终端设备)600的结构示意图。本申请实施例中的终端设备可以包括但不限于诸如移动电话、笔记本电脑、数字广播接收器、个人数字助理(PDA)、平板电脑(PAD)、便携式多媒体播放器(PMP)、车载终端(例如车载导航终端)等等的移动终端以及诸如数字TV、台式计算机等等的固定终端。图5示出的电子设备仅仅是一个示例,不应对本申请实施例的功能和使用范围带来任何限制。

[0089] 如图5所示,电子设备600可以包括处理装置(例如中央处理器、图形处理器等)601,其可以根据存储在只读存储器(ROM)602中的程序或者从存储装置606加载到随机访问存储器(RAM)603中的程序而执行各种适当的动作和处理。在RAM 603中,还存储有电子设备600操作所需的各种程序和数据。处理装置601、ROM 602以及RAM 603通过总线604彼此相连。输入/输出(I/O)接口605也连接至总线604。

[0090] 通常,以下装置可以连接至I/O接口605:包括例如触摸屏、触摸板、键盘、鼠标、双目摄像机、麦克风、加速度计、陀螺仪等的输入装置606;包括例如液晶显示器(LCD)、扬声器、振动器等的输出装置607;包括例如磁带、硬盘等的存储装置608;以及通信装置609。通信装置609可以允许电子设备600与其他设备进行无线或有线通信以交换数据。虽然图5示出了具有各种装置的电子设备600,但是应理解的是,并不要求实施或具备所有示出的装置。可以替代地实施或具备更多或更少的装置。

[0091] 特别地,根据本申请的实施例,上文参考流程图描述的过程可以被实现为计算机软件程序。例如,本申请的实施例包括一种计算机程序产品,其包括承载在非暂态计算机可读介质上的计算机程序,该计算机程序包含用于执行流程图所示的方法的程序代码。在这样的实施例中,该计算机程序可以通过通信装置609从网络上被下载和安装,或者从存储装置608被安装,或者从ROM 602被安装。在该计算机程序被处理装置601执行时,执行本申请实施例的方法中限定的上述功能。

[0092] 需要说明的是,本申请上述的计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或者计算机可读存储介质或者是上述两者的任意组合。计算机可读存储介质例如可以是——但不限于——电、磁、光、电磁、红外线、或半导体的系统、装置或器件,或者任意以上的组合。计算机可读存储介质的更具体的例子可以包括但不限于:具有一个或多个导线的电连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机访问存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦式可编程只读存储器(EPROM或闪存)、光纤、便携式紧凑磁盘只读存储器(CD-ROM)、光存储器件、磁存储器件、或者上述的任意合适的组合。在本申请中,计算机可读存储介质可以是任何包含或存储程序的有形介质,该程序可以被指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用。而在本

申请中,计算机可读信号介质可以包括在基带中或者作为载波一部分传播的数据信号,其中承载了计算机可读的程序代码。这种传播的数据信号可以采用多种形式,包括但不限于电磁信号、光信号或上述的任意合适的组合。计算机可读信号介质还可以是计算机可读存储介质以外的任何计算机可读介质,该计算机可读信号介质可以发送、传播或者传输用于由指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用的程序。计算机可读介质上包含的程序代码可以用任何适当的介质传输,包括但不限于:电线、光缆、RF(射频)等等,或者上述的任意合适的组合。

[0093] 在一些实施方式中,客户端、服务器可以利用诸如超文本传输协议(HyperText Transfer Protocol,HTTP)之类的任何当前已知或未来研发的网络协议进行通信,并且可以与任意形式或介质的数字数据通信(例如,通信网络)互连。通信网络的示例包括局域网(“LAN”),广域网(“WAN”),网际网(例如,互联网)以及端对端网络(例如,ad hoc端对端网络),以及任何当前已知或未来研发的网络。

[0094] 上述计算机可读介质可以是上述电子设备中所包含的;也可以是单独存在,而未装配入该电子设备中。

[0095] 可以以一种或多种程序设计语言或其组合来编写用于执行本申请的操作的计算机程序代码,上述程序设计语言包括但不限于面向对象的程序设计语言—诸如Java、Smalltalk、C++,还包括常规的过程式程序设计语言—诸如“C”语言或类似的设计语言。程序代码可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中,远程计算机可以通过任意种类的网络—包括局域网(LAN)或广域网(WAN)—连接到用户计算机,或者,可以连接到外部计算机(例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接)。

[0096] 附图中的流程图和框图,图示了按照本申请各种实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上,流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段、或代码的一部分,该模块、程序段、或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意,在有些作为替换的实现中,方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如,两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行,它们有时也可以按相反的顺序执行,这依所涉及的功能而定。也要注意,框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合,可以用执行规定的功能或操作的专用的基于硬件的系统来实现,或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

[0097] 描述于本申请实施例中所涉及到的单元可以通过软件的方式实现,也可以通过硬件的方式来实现。其中,模块的名称在某种情况下并不构成对该单元本身的限定。

[0098] 本文中以上描述的功能可以至少部分地由一个或多个硬件逻辑部件来执行。例如,非限制性地,可以使用的示范类型的硬件逻辑部件包括:现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)、专用标准产品(ASSP)、片上系统(SOC)、复杂可编程逻辑设备(CPLD)等等。

[0099] 在本申请的上下文中,机器可读介质可以是有形的介质,其可以包含或存储以供指令执行系统、装置或设备使用或与指令执行系统、装置或设备结合地使用的程序。机器可

读介质可以是机器可读信号介质或机器可读储存介质。机器可读介质可以包括但不限于电子的、磁性的、光学的、电磁的、红外的、或半导体系统、装置或设备,或者上述内容的任何合适组合。机器可读存储介质的更具体示例会包括基于一个或多个线的电气连接、便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM或快闪存储器)、光纤、便捷式紧凑盘只读存储器(CD-ROM)、光学储存设备、磁储存设备、或上述内容的任何合适组合。

[0100] 以上描述仅为本申请的较佳实施例以及对所运用技术原理的说明。本领域技术人员应当理解,本申请中所涉及的应用范围,并不限于上述技术特征的特定组合而成的技术方案,同时也应涵盖在不脱离上述申请构思的情况下,由上述技术特征或其等同特征进行任意组合而形成的其它技术方案。例如上述特征与本申请中申请的(但不限于)具有类似功能的技术特征进行互相替换而形成的技术方案。

[0101] 此外,虽然采用特定次序描绘了各操作,但是这不应理解为要求这些操作以所示出的特定次序或以顺序次序执行来执行。在一定环境下,多任务和并行处理可能是有利的。同样地,虽然在上面论述中包含了若干具体实现细节,但是这些不应被解释为对本申请的范围的限制。在单独的实施例的上下文中描述的某些特征还可以组合地实现在单个实施例中。相反地,在单个实施例的上下文中描述的各种特征也可以单独地或以任何合适的子组合的方式实现在多个实施例中。

[0102] 尽管已经采用特定于结构特征和/或方法逻辑动作的语言描述了本主题,但是应当理解所附权利要求书中所限定的主题未必局限于上面描述的特定特征或动作。相反,上面所描述的特定特征和动作仅仅是实现权利要求书的示例形式。

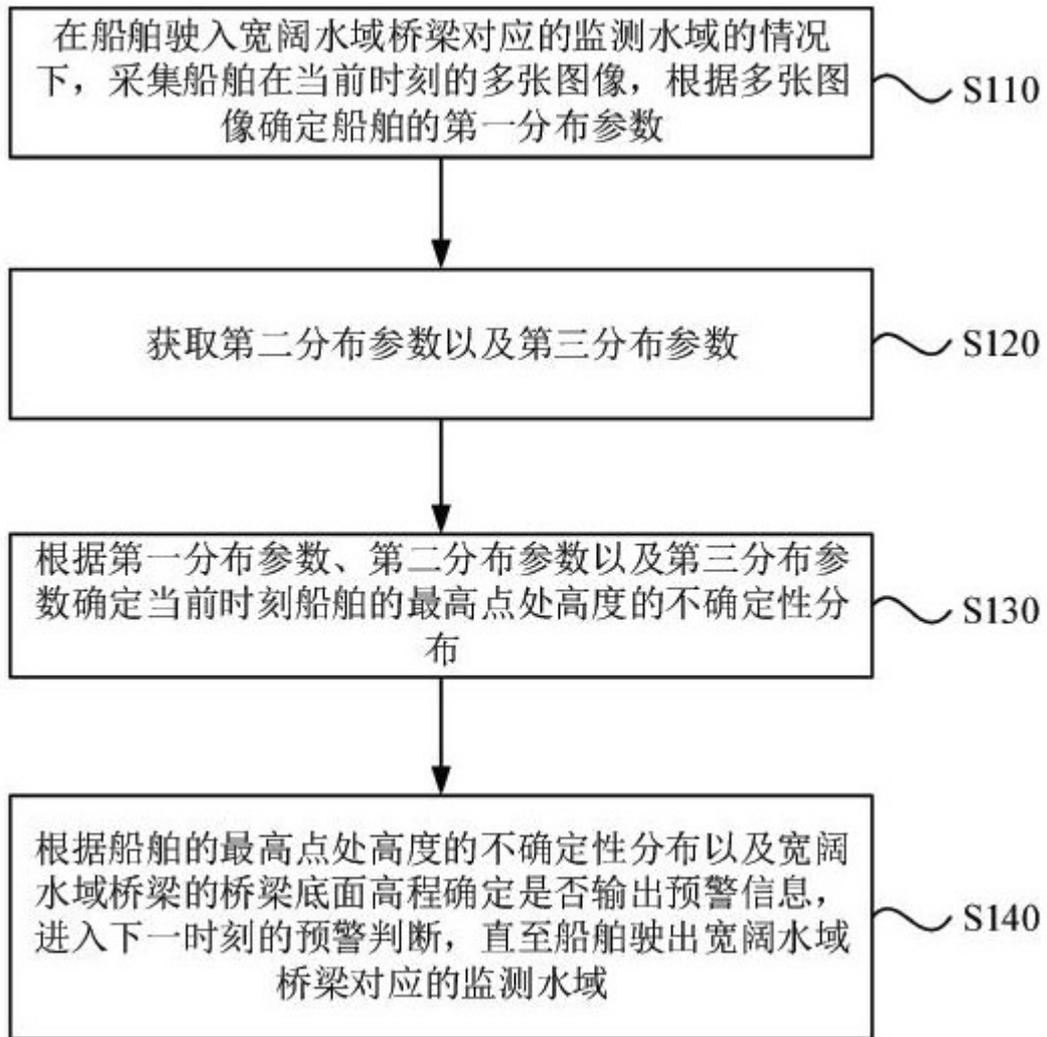


图1

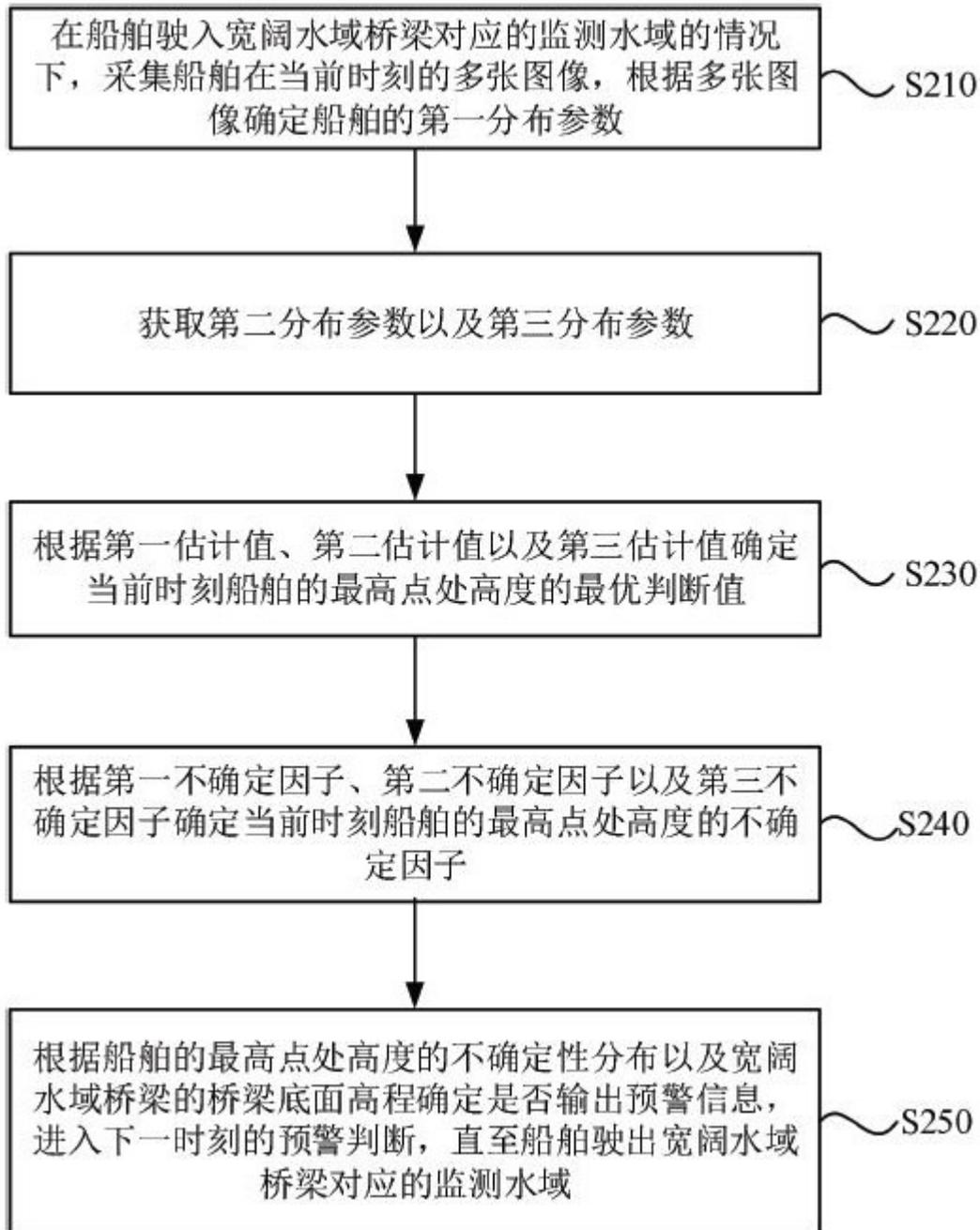


图2

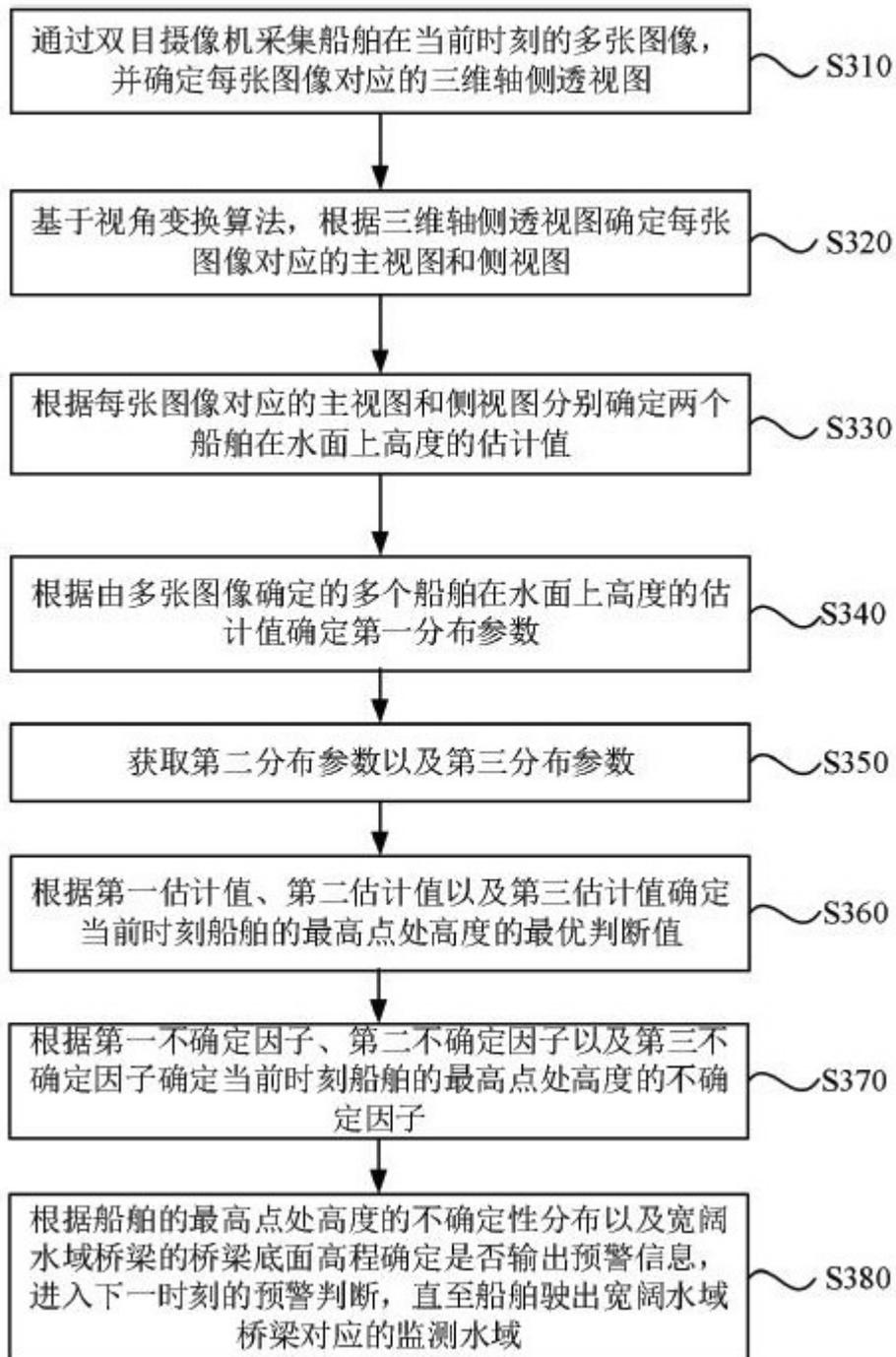


图3

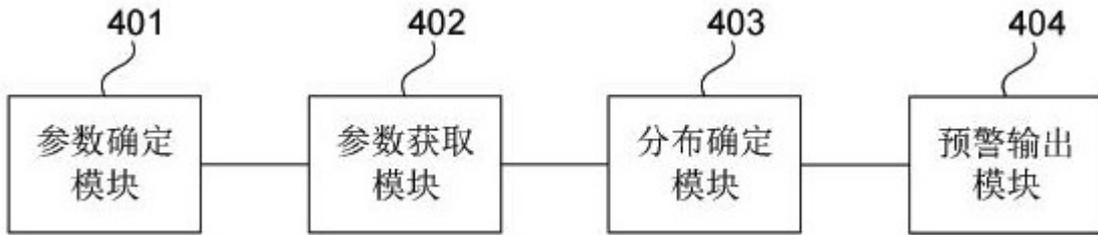


图4

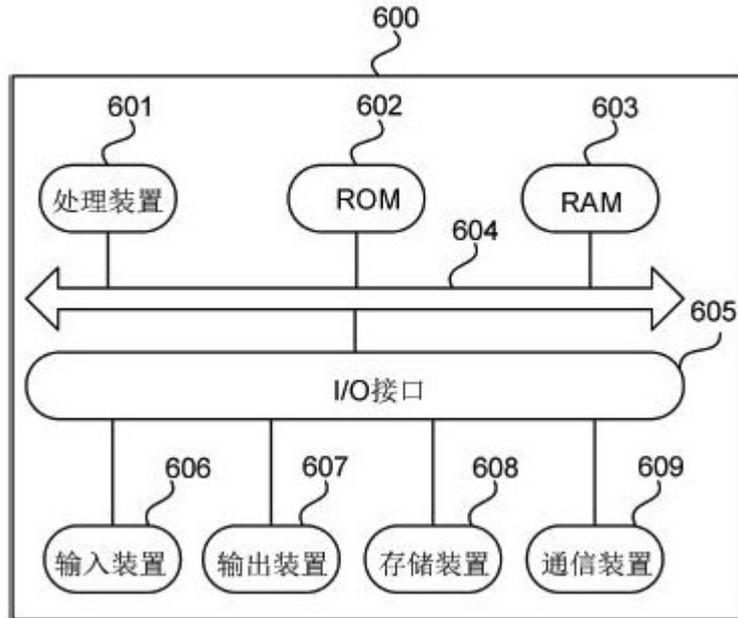


图5