



(21) 申请号 202411492696.4

(22) 申请日 2024.10.24

(71) 申请人 南京长峰航天电子科技有限公司

地址 210043 江苏省南京市江北新区星火路14号

(72) 发明人 孙宏宇 高青松 高蹕 王树烽

(74) 专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

专利代理师 马进

(51) Int. Cl.

G05D 1/43 (2024.01)

G05D 109/30 (2024.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种船体航行控制方法、装置及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种船体航行控制方法、装置及系统,属于船体航行控制技术领域,方法包括获取船体的结构数据和动力数据,以及船体航行环境中的气象数据和水文数据;将获取到的所有数据输入到训练好的船体运动控制模型中,得到船体的航行控制参数;根据航行控制参数对船体进行航行控制;本发明除了考虑船体自身结构对运动的影响外,还将环境因素纳入考虑范围,加入了气象条件和水文条件对船体运动的影响,使得对船体的控制更加精准,降低船体航行过程的航迹误差;通过可视化数字孪生平台的引入,采用预测加补偿的方式最大限度的确保了船舶在实际航行过程中能够按规划航迹准确航行。



1. 一种船体航行控制方法,其特征在于,包括:
获取船体的结构数据和动力数据,以及船体航行环境中的气象数据和水文数据;
将获取到的所有数据输入到训练好的船体运动控制模型中,得到船体的航行控制参数;
根据所述航行控制参数对船体进行航行控制;
所述船体运动控制模型是将船舶的结构数据和动力数据以及船舶航行环境中的气象数据和水文数据作为自变量,将船体的航行控制参数作为因变量,从而构建得到的深度学习模型。
2. 根据权利要求1所述的船体航行控制方法,其特征在于,所述结构数据包括船体结构形式、船体长度、船体宽度和线形特征,所述动力数据包括动力控制数据、舵角控制数据和船体重量,所述气象数据包括环境风速、环境风向和环境温度,所述水文数据包括海况数据、水深、水流速和水流向;
所述航行控制参数包括主机转速和舵角值。
3. 根据权利要求1所述的船体航行控制方法,其特征在于,所述船体运动控制模型通过以下方法进行训练:
获取历史时间下的所述自变量作为训练参数,将所述训练参数转化为多维数组后作为所述船体运动控制模型的输入,以船体的实际航迹和规划航迹之间的差值作为惩罚函数,对所述船体运动控制模型进行训练。
4. 根据权利要求3所述的船体航行控制方法,其特征在于,当所述自变量出现更新时,将更新后的所述自变量作为新的训练参数,对所述船体运动控制模型重新进行训练。
5. 根据权利要求1所述的船体航行控制方法,其特征在于,所述船体运动控制模型是全连接结构,设有多层全连接层,每层全连接层设置多个节点,输出节点为2个,2个输出节点分别对应输出主机转速和舵角值。
6. 一种船体航行控制装置,其特征在于,包括:
数据获取模块,被配置为:获取船体的结构数据和动力数据,以及船体航行环境中的气象数据和水文数据;
航行控制参数计算模块,被配置为:将获取到的所有数据输入到训练好的船体运动控制模型中,得到船体的航行控制参数;
航行控制模块,被配置为:根据所述航行控制参数对船体进行航行控制;
其中,所述船体运动控制模型是将船舶的结构数据和动力数据以及船舶航行环境中的气象数据和水文数据作为自变量,将船体的航行控制参数作为因变量,从而构建得到的深度学习模型。
7. 一种船体航行控制系统,其特征在于,包括可视化数字孪生平台、数据存储管理单元和船体航行控制单元,所述船体航行控制单元用于执行权利要求1至5中任一项所述方法;
所述可视化数字孪生平台上构建有船体的三维孪生模型,搭建有三维水域孪生场景和三维空间孪生场景,构建有船体的运动控制接口,所述船体的三维孪生模型置于所述三维水域孪生场景中,所述三维水域孪生场景内设有所述水文数据以模拟出船体航行环境中的水文特征,所述三维空间孪生场景内设有所述气象数据以模拟出船体航行环境中的气象特征;

所述运动控制接口包括受所述结构数据影响的第一控制接口、受所述动力数据影响的第二控制接口、受所述气象数据影响的第三控制接口和受所述水文数据影响的第四控制接口；

所述数据存储管理单元分别连接所述可视化数字孪生平台和所述船体航行控制单元，用于存储船体的结构数据和动力数据，以及船体航行环境中的气象数据和水文数据；

通过第一控制接口、第二控制接口、第三控制接口和第四控制接口共同在所述三维水域孪生场景中对船体的三维孪生模型进行可视化孪生船体航行控制，在此过程中所需的航行控制参数通过所述船体航行控制单元获得，根据所述可视化孪生船体航行控制的结果对现实场景中的船体进行航行控制，对可视化孪生船体航行控制过程中产生的航迹误差进行补偿。

8. 根据权利要求7所述的船体航行控制系统，其特征在于，还包括外部数据采集装置，和所述可视化数字孪生平台之间通信连接，所述可视化数字孪生平台能够从所述外部数据采集装置中直接获取数据进行三维孪生场景的构建。

9. 根据权利要求7所述的船体航行控制系统，其特征在于，所述船体的三维孪生模型是利用船体的结构数据和动力数据进行构建的。

一种船体航行控制方法、装置及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种船体航行控制方法、装置及系统,属于船体航行控制技术领域。

背景技术

[0002] 传统船舶以载人、载物为目的,通常由船员控制船舶航行,但随着需求的不断增加,其应用场景也在不断丰富,已经不局限于载人和载物,还包括测量、勘探、远程救援、物资投送以及在国防方面的应用,其航行水域也不一定是熟悉水域,更多的是面对未知水域、极端气象条件以及长时间续航等问题,这种情况下已经不适合船员驾驶船舶,船舶无人航控在此背景下应运而生。

[0003] 船舶无人航控为船舶应用的新领域指明了方向。无人航控的关键在于能够自动进行路径规划,并且船舶能够按照规划航迹准确航行。但目前可以进航线的自动规划,对于简单航迹可以较好执行,一旦涉及复杂航迹和恶劣气象条件,船舶实际航迹会与规划航迹之间产生较大偏差,其原因在执行规划航迹过程中,船舶通常的各种状态信息进行实时采集,并根据当前采集信息与规划航迹之间的偏差进行实时修正,但船舶航行过程中受惯性作用影响,其实时响应能力较差,因此即使发现与规划航迹产生偏差,并进行修正,也很难立即完成偏差修正,修正过程中也会带入其他偏差,最终导致规划航迹与实际航迹之前产生较大偏差。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种船体航行控制方法、装置及系统,解决现有技术中存在的航迹误差大的问题。

[0005] 为实现以上目的,本发明是采用下述技术方案实现的:

第一方面,本发明提供了一种船体航行控制方法,包括:

获取船体的结构数据和动力数据,以及船体航行环境中的气象数据和水文数据;

将获取到的所有数据输入到训练好的船体运动控制模型中,得到船体的航行控制参数;

根据所述航行控制参数对船体进行航行控制;

所述船体运动控制模型是将船舶的结构数据和动力数据以及船舶航行环境中的气象数据和水文数据作为自变量,将船体的航行控制参数作为因变量,从而构建得到的深度学习模型。

[0006] 进一步的,所述结构数据包括船体结构形式、船体长度、船体宽度和线形特征,所述动力数据包括动力控制数据、舵角控制数据和船体重量,所述气象数据包括环境风速、环境风向和环境温度,所述水文数据包括海况数据、水深、水流速和水流向;

所述航行控制参数包括主机转速和舵角值。

[0007] 进一步的,所述船体运动控制模型通过以下方法进行训练:

获取历史时间下的所述自变量作为训练参数,将所述训练参数转化为多维数组后

作为所述船体运动控制模型的输入,以船体的实际航迹和规划航迹之间的差值作为惩罚函数,对所述船体运动控制模型进行训练。

[0008] 进一步的,当所述自变量出现更新时,将更新后的所述自变量作为新的训练参数,对所述船体运动控制模型重新进行训练。

[0009] 进一步的,所述船体运动控制模型是全连接结构,设有多层全连接层,每层全连接层设置多个节点,输出节点为2个,2个输出节点分别对应输出主机转速和舵角值。

[0010] 第二方面,本发明提供了一种船体航行控制装置,包括:

数据获取模块,被配置为:获取船体的结构数据和动力数据,以及船体航行环境中的气象数据和水文数据;

航行控制参数计算模块,被配置为:将获取到的所有数据输入到训练好的船体运动控制模型中,得到船体的航行控制参数;

航行控制模块,被配置为:根据所述航行控制参数对船体进行航行控制;

其中,所述船体运动控制模型是将船舶的结构数据和动力数据以及船舶航行环境中的气象数据和水文数据作为自变量,将船体的航行控制参数作为因变量,从而构建得到的深度学习模型。

[0011] 第三方面,本发明提供了一种船体航行控制系统,包括可视化数字孪生平台、数据存储管理单元和船体航行控制单元,所述船体航行控制单元用于执行第一方面中任一项所述方法;

所述可视化数字孪生平台上构建有船体的三维孪生模型,搭建有三维水域孪生场景和三维空间孪生场景,构建有船体的运动控制接口,所述船体的三维孪生模型置于所述三维水域孪生场景中,所述三维水域孪生场景内设有所述水文数据以模拟出船体航行环境中的水文特征,所述三维空间孪生场景内设有所述气象数据以模拟出船体航行环境中的气象特征;

所述运动控制接口包括受所述结构数据影响的第一控制接口、受所述动力数据影响的第二控制接口、受所述气象数据影响的第三控制接口和受所述水文数据影响的第四控制接口;

所述数据存储管理单元分别连接所述可视化数字孪生平台和所述船体航行控制单元,用于存储船体的结构数据和动力数据,以及船体航行环境中的气象数据和水文数据;

通过第一控制接口、第二控制接口、第三控制接口和第四控制接口共同在所述三维水域孪生场景中对船体的三维孪生模型进行可视化孪生船体航行控制,在此过程中所需的航行控制参数通过所述船体航行控制单元获得,根据所述可视化孪生船体航行控制的结果对现实场景中的船体进行航行控制。

[0012] 进一步的,还包括外部数据采集装置,和所述可视化数字孪生平台之间通信连接,所述可视化数字孪生平台能够从所述外部数据采集装置中直接获取数据进行三维孪生场景的构建。

[0013] 进一步的,所述船体的三维孪生模型是利用船体的结构数据和动力数据进行构建的。

[0014] 与现有技术相比,本发明所达到的有益效果是:

本发明提供的一种船体航行控制方法、装置及系统,除了考虑船体自身结构对运

动的影响外,还将环境因素纳入考虑范围,加入了气象条件和水文条件对船体运动的影响,使得对船体的控制更加精准,降低船体航行过程的航迹误差;

通过搭建数字孪生可视化平台,建立三维场景,置入孪生的船体三维模型,搭建船舶的运动控制接口,实现三维场景中船舶航行的全过程可视化过程;

对船体运动控制模型的训练,以及后续使用过程中随着实际航行数据的不断累积,可以一直对该模型进行迭代优化,不断对其准确性进行优化;

通过先在三维孪生场景中进行模拟(可视化孪生船体航行控制)的方式,实现预测航迹,然后在现实场景中对可视化孪生船体航行控制过程中产生的航迹误差进行补偿,这样预测加补偿的方式,最大限度的确保了船舶在实际航行过程中能够按规划航迹准确航行。

附图说明

- [0015] 图1是本发明实施例提供的一种船体航行控制方法的流程图;
图2是本发明实施例提供的一种船体航行控制系统的示意图;
图3是本发明实施例提供的船体运动控制模型的原理示意图。

具体实施方式

[0016] 下面结合附图对本发明作进一步描述,以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0017] 实施例1。

[0018] 如图1所示,本发明提供了一种船体航行控制方法,包括:

获取船体的结构数据和动力数据,以及船体航行环境中的气象数据和水文数据;

将获取到的所有数据输入到训练好的船体运动控制模型中,得到船体的航行控制参数;

根据航行控制参数对船体进行航行控制;

船体运动控制模型是将船舶的结构数据和动力数据以及船舶航行环境中的气象数据和水文数据作为自变量,将船体的航行控制参数作为因变量,从而构建得到的深度学习模型。

[0019] 本发明除了考虑船体自身结构对运动的影响外,还将环境因素纳入考虑范围,加入了气象条件和水文条件对船体运动的影响,使得对船体的控制更加精准,降低船体航行过程的航迹误差。

[0020] 实施例2。

[0021] 本发明提供了一种船体航行控制方法,包括:

S1、获取船体的结构数据和动力数据,以及船体航行环境中的气象数据和水文数据;

S2、将获取到的所有数据输入到训练好的船体运动控制模型中,得到船体的航行控制参数;

S3、根据航行控制参数对船体进行航行控制。

[0022] 船体运动控制模型通过以下方法构建:如图3所示,将船舶的结构数据和动力数据

以及船舶航行环境中的气象数据和水文数据作为自变量(输入),将船体的航行控制参数作为因变量(输出);其中,结构数据包括船体结构形式、船体长度、船体宽度和线形特征,动力数据包括动力控制数据(航速、航向)、舵角控制数据(舵向)和船体重量,气象数据包括环境风速、环境风向和环境温度,水文数据包括海况数据(浪高)、水深、水流速(图3中的流速)和水流向(图3中的流向);航行控制参数包括主机转速和舵角值。

[0023] 如图3所示,船体运动控制模型是一个深度学习模型,是全连接结构,将获取的历史时刻的多组输入参数转化为 14×1 的多维数组结构作为深度学习模型的输入,模型设置3层全连接层,每层全连接层节点设置为20,最后输出节点为2,分别为主机转速和舵角值,模型总体结构为 $14 \times 20 \times 20 \times 20 \times 2$,以船体实际航迹和规划航迹之间的差值作为惩罚函数,对该模型进行训练。训练完成的深度学习模型可以根据输入的船体结构、船体长度、船体宽度、船体重量、航向、航速、舵向、风向、风速、温度、浪高、水深、流向、流速等参数生成主机转速和舵角值作为控制,即将训练好的深度学习模型作为船体运动控制模型。

[0024] 如果要将该模型应用在其他船体上,基于已经训练完成的船体运动控制模型,采用迁移学习的方式对搭建的深度学习模型进行修改,在已经训练好的船体运动控制模型基础上,经过简单训练即可得到精度较高的,适用于其他船型的船体运动控制模型。

[0025] 对于以及训练完成的船体运动控制模型,后期随着获取的船体航行数据的增加,对船体运动控制模型不断进行优化迭代训练,逐步提高船体运动控制模型的精度,直至优化迭代训练无法继续提高模型的控制精度为止。

[0026] 实施例3。

[0027] 本发明提供了一种船体航行控制系统,包括可视化数字孪生平台、数据存储管理单元和船体航行控制单元,其中,船体航行控制单元用于执行实施例1/实施例2所提供的方法。

[0028] 可视化数字孪生平台采用Django(一个高级的Python Web框架,可以快速开发安全和可维护的网站)作为框架,以three.js(一款运行在浏览器中的3D引擎)作为渲染引擎,以提高可视化模型的逼真程度,并实现船舶模型在数字孪生平台上的运动控制。

[0029] 可视化数字孪生平台上构建有船体的三维孪生模型,搭建有三维水域孪生场景和三维空间孪生场景,构建有船体的运动控制接口,船体的三维孪生模型置于三维水域孪生场景中,三维水域孪生场景内设有水文数据(具体包括实施例2所列举的详细水文数据)以模拟出船体航行环境中的水文特征,三维空间孪生场景内设有气象数据(具体包括实施例2所列举的详细气象数据)以模拟出船体航行环境中的气象特征,其中数据途径有两种,一种为数据库(数据存储管理单元)中已经存储的相关数据信息,另一种直接接入外部数据采集装置的数据。

[0030] 影响船舶航行的因素除自身动力因素外,其结构特征也会对船舶运动产生影响,基于上述原因,运动控制接口包括受结构数据影响的第一控制接口、受动力数据影响的第二控制接口、受气象数据影响的第三控制接口和受水文数据影响的第四控制接口,最终实现基于多因素共同作用控制的船体运动控制,实现孪生船体在设定场景下的可视化航行。

[0031] 数据存储管理单元分别连接可视化数字孪生平台和船体航行控制单元,用于存储船体的结构数据和动力数据,以及船体航行环境中的气象数据和水文数据。

[0032] 通过第一控制接口、第二控制接口、第三控制接口和第四控制接口共同在三维水

域孪生场景中对船体的三维孪生模型进行可视化孪生船体航行控制,在此过程中所需的航行控制参数通过所述船体航行控制单元获得,根据可视化孪生船体航行控制的结果对现实场景中的船体进行航行控制,对可视化孪生船体航行控制过程中产生的航迹误差进行补偿。

[0033] 基于搭建的可视化数字孪生平台和船体航行控制单元中的船体运动控制模型,能够实现自动航迹规划、多船舶编队航行、动态航行数据推演、航行过程复盘等功能。

[0034] 自动航迹规划的实现方式为,根据目标位置及发现的障碍物初步设计能够穿过障碍物的最短航迹及航速,按照设定航迹及航速在可视化数字孪生平台上通过船体运动控制模型控制船体的三维孪生模型运动,在此基础上不断修正航迹,最终形成平滑过渡的规划航迹。

[0035] 多船编队航行是在规划航迹的基础上,设置编队船舶之间的相对位置关系,主船按照规划航迹航行,其他船舶通过对应的船体运动控制模型生成航行轨迹和航行过程中的控制参数;生成的航迹数据和控制参数均进行保存,根据需要可随时加载任意时刻及位置的相关数据进行复盘分析。

[0036] 在可视化数字孪生平台上进行航迹自动规划,航迹规划过程中除对航行路线进行规划外,还结合数字孪生场景中的气象信息和水文信息,并基于船体的运动控制模型对船舶的主机转速、舵角值等进行规划,确保船舶能够按照规划的航线和航速等进行航行。

[0037] 在可视化数字孪生平台上进行多船舶编队航行,除考虑气象信息、水文信息等,还将编队内船舶之间的相互影响纳入到考量范围内,基于不同船舶的编队位置综合设定各船舶的航行参数,确保船舶按照规划航迹精准航行,保证编队整体队形与预设方案一致。

[0038] 对航行过程进行复盘,综合对比船舶的实际航迹和规划航迹,评估航行精度,并对误差结果进行分析,以规划航迹位置和实际航迹位置之间误差作为惩罚函数,对船舶的船体运动控制模型进行优化迭代训练,进一步提高船体运动控制模型的准确度。

[0039] 与现有技术相比,本发明的优势在于:

过程可视化:通过搭建数字孪生可视化平台,建立三维场景,置入孪生的船体三维模型,搭建船舶的运动控制接口,实现三维场景的全过程可视化过程;

模型复杂化:搭建的船体运动模型,除考虑基本的常规的船体动力因素和结构因素外,还将气象条件因素和航行水域的水文因素纳入到了船体运动的考量范围之内,虽然模型的复杂程度提高了,但船体的运动控制模型也更加逼真;

控制模型迭代化:构建深度学习模型并对其迭代训练,通过深度学习的迭代,能够获得更加准确的船体运动控制模型,在后续使用过程中,随着实际航行数据的不断累积,可一直对船体运动控制模型进行迭代优化,不断对其准确性进行优化;

航行过程可追溯化:船舶按照规划航迹进行航行,并将实际航行过程中的相关数据保存到数据库中,后期可对航行过程进行复盘,对航行精度进行分析,分析查找原因。

[0040] 本领域内的技术人员应明白,本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0041] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0042] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0043] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0044] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变形,这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

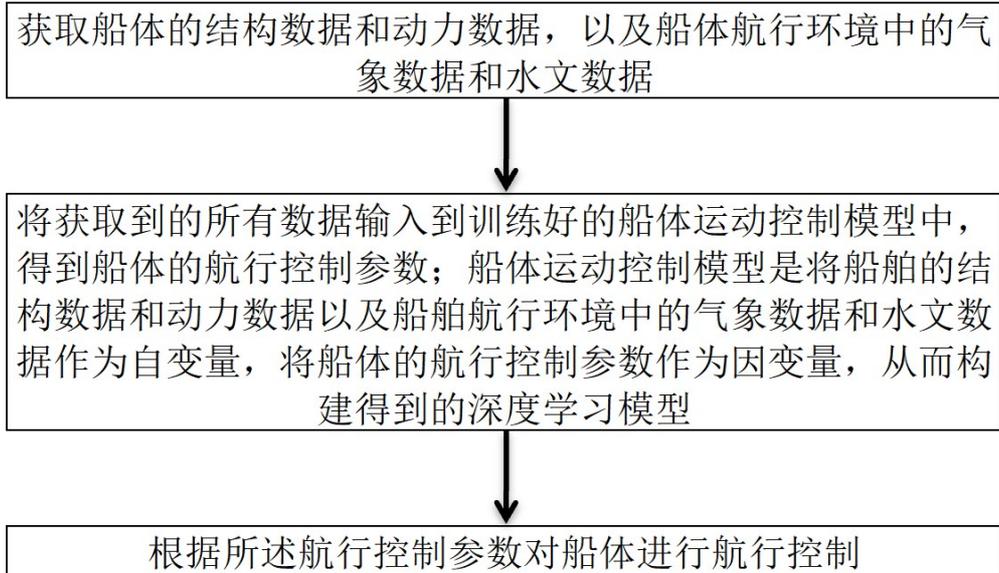


图 1

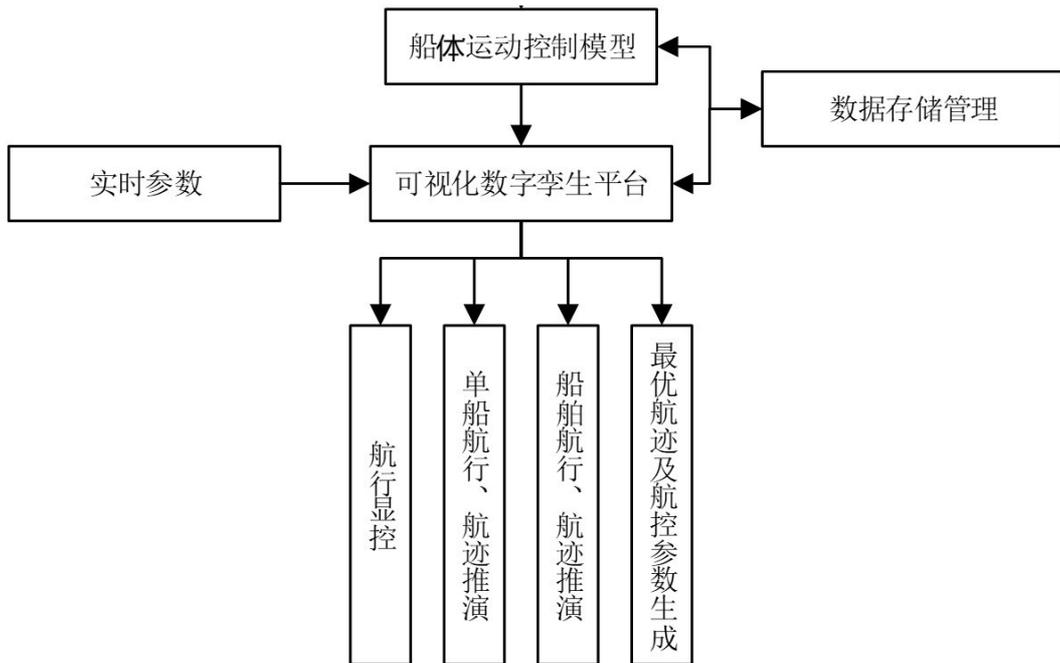


图 2

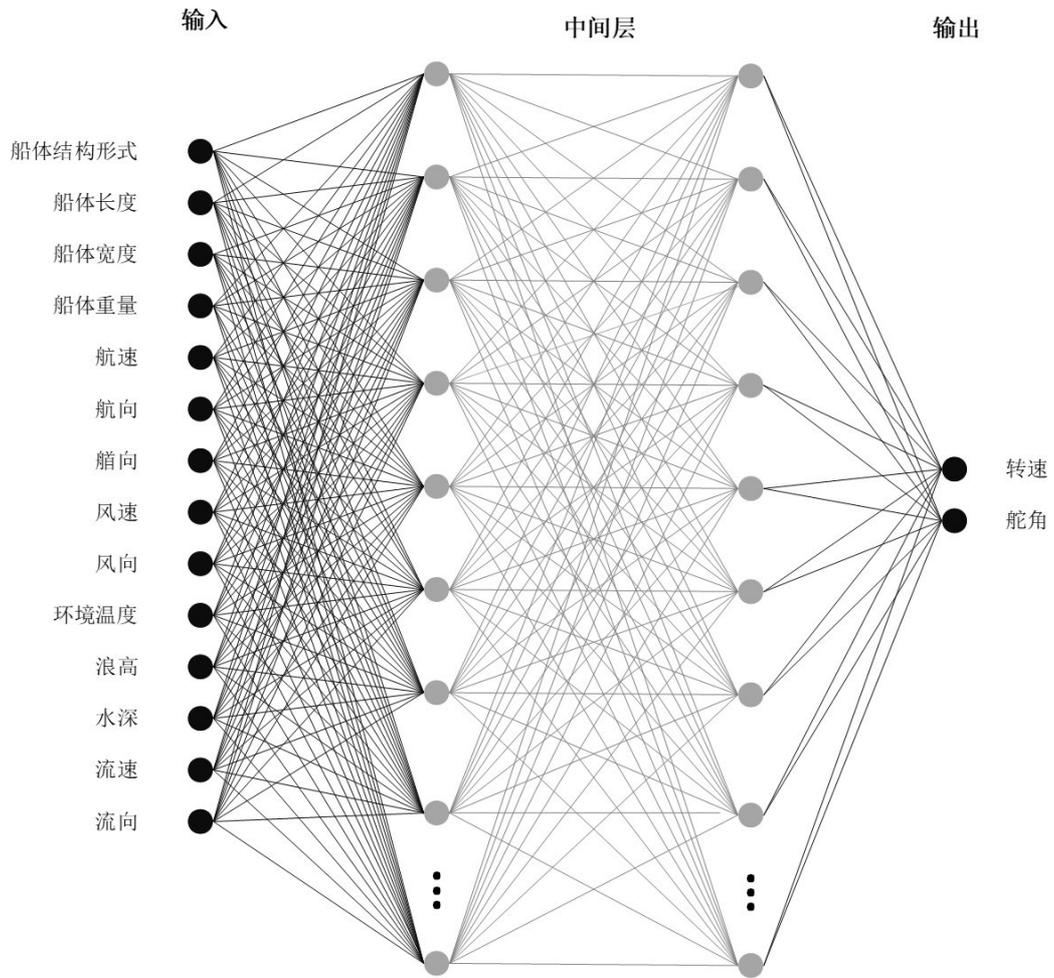


图 3