

УДК 629.369

DOI 10.35211/1990-5297-2024-9-292-58-61

*И. С. Пеньшин***О РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПРИ АДАПТИВНОМ ДВИЖЕНИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ-ПОНТОНОВ
С ЯКОРНО-ТРОСОВЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ****Волгоградский государственный технический университет**
Darklight983@gmail.com

В работе исследуется возможность реализации алгоритмов адаптивного движения для роботизированной платформы-понтон с якорно-тросовым движителем путем использования математической модели и нейросетевых технологий.

Ключевые слова: подводная робототехника, шагающие машины, якорно-тросовый движитель, нейронные сети.

*I. S. Penshin***ON THE IMPLEMENTATION OF A CONTROL SYSTEM ALGORITHM
FOR ADAPTIVE MOTION OF MOBILE ROBOT-PONTONS
WITH ANCHOR-ROPE PROPULSIONS****Volgograd State Technical University**

The paper investigates the possibility of implementing adaptive motion algorithms for a robotic pontoon platform with an anchor-rope propulsion by using a mathematical model and neural network technologies.

Keywords: underwater robotics, walking machines, anchor-rope propulsion, neural networks.

Введение

В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к автоматизации и роботизации в самых разнообразных сферах человеческой деятельности. Особенно активное развитие технологий видно в области робототехники, где интеграция искусственного интеллекта и, в частности, нейронных сетей открыва-

ет новые возможности для создания более автономных, эффективных и интеллектуальных систем. В робототехнике нейросетевые технологии находят применение в задачах навигации, распознавания объектов, принятия решений и обучения с подкреплением, что позволяет роботам выполнять сложные задачи в динамично изменяющихся условиях.

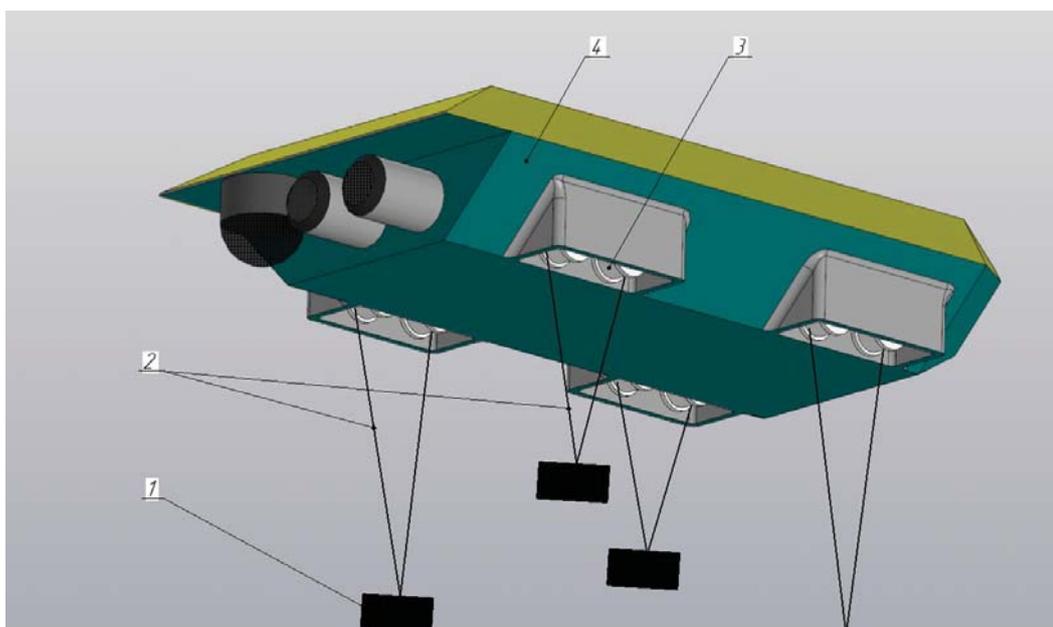


Рис. 1. Общий вид и устройство платформы с якорно-тросовым движителем:
1 – якорь (стопа); 2 – тросы; 3 – маховик; 4 – корпус с системами управления и машинного зрения

Одной из наиболее перспективных и в то же время требовательных областей применения робототехники является исследование подводного мира. Подводная робототехника сталкивается с рядом уникальных вызовов, включая ограниченное восприятие, высокую степень неопределенности, сложное взаимодействие с динамичной средой и ограниченную доступность сигналов связи. Нейросетевые подходы предоставляют мощные инструменты для решения этих задач, обеспечивая подводным роботам возможности к более точному картографированию, автономной навигации и взаимодействию с объектами под водой без непосредственного человеческого вмешательства.

В работе рассматривается возможность применения нейросетевых технологий для реализации алгоритмов адаптивного управления роботизированной платформой-понтонем с якорно-тросовым движителем (рис. 1).

1. Описание работы якорно-тросового движителя

Кинематическая схема движения якорно-тросового движителя представлена на рис. 2.

Движителем является якорь 1, двумя тросами 2 и 3 связанный с вращающимися в соответствии с определенными законами барабанами. Под якорем понимается массивное тело произвольной формы, находящееся на дне. Якорь 1 зацепляется с грунтом 6 и соединяется с тяговым тросом 2 и несущим тросом 3, которые соединены с маховиками 4. В начале движения тяговый трос 2 тянет за собой весь робот к якорю 1, пока трос 2 не займет вертикальное положение. После этого трос 2 начинает поднимать якорь 1, и в определенный момент включается маховик с тросом 3, который переводит якорь 1 в исходное положение, описывая траекторию 5. Таким образом, циклически происходит движение якорно-тросового движителя [1].

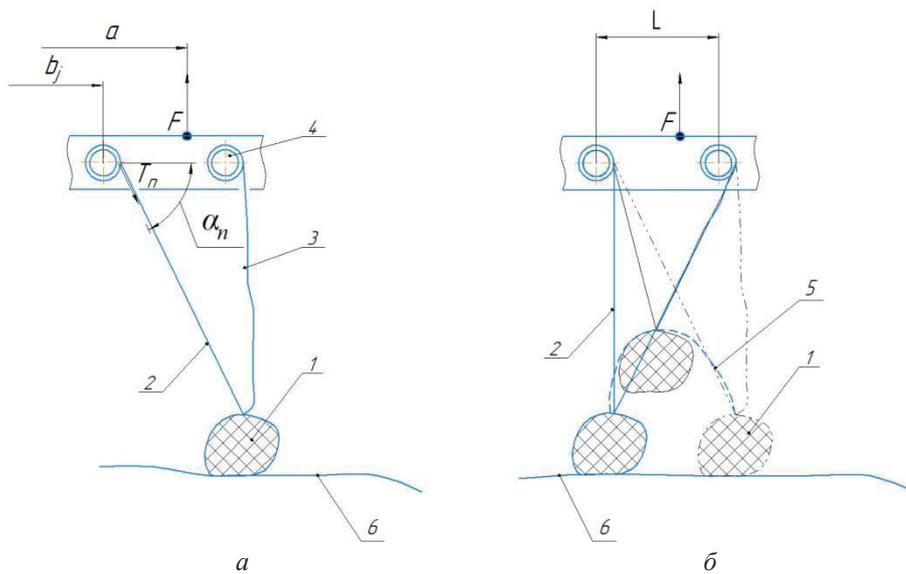


Рис. 2. Кинематическая схема движения якорно-тросового движителя: 1 – якорь; 2 – тянущий трос; 3 – переносящий трос; 4 – маховик; 5 – траектория движения; 6 – грунт; a – расстояние от центра масс до центра плавучести; b_j – расстояние от центра масс до тянущего маховика j -го модуля якорно-тросового движителя; F – центр плавучести; T_n – сила натяжения n -го троса; α_n – угол между горизонтальной осью корпуса и вектором силы T_n ; L – межсе-

вое расстояние между маховиками в одном модуле якорно-тросового движителя

2. Постановка задачи

Ставится задача исследования алгоритмов реализации адаптивного движения при перемещении мобильного робота-понтоня с якорно-тросовыми движителями.

3. Методы решения

Для решения поставленной задачи рассматривается движение твердого тела в вязкой сре-

де с избыточным количеством нестационарных связей при условии равновесия твердых тел (якорей), взаимодействующих с нелинейной упругодиссипативной средой (придонный грунт), моделируемой как твердое шероховатое тело с горизонтальной ровной поверхностью. Нестационарными связями являются тросы, длины которых изменяются в соответствии с уравнениями программного движения робота,

определяемые положением якоря и местом расположения на работе управляемых маховиков [2].

При использовании силомоментного очув-

ствления двигателей управление движением строится на основе информации об усилиях [3].

Схема реализации алгоритмов адаптивного движения представлена на рис. 3.

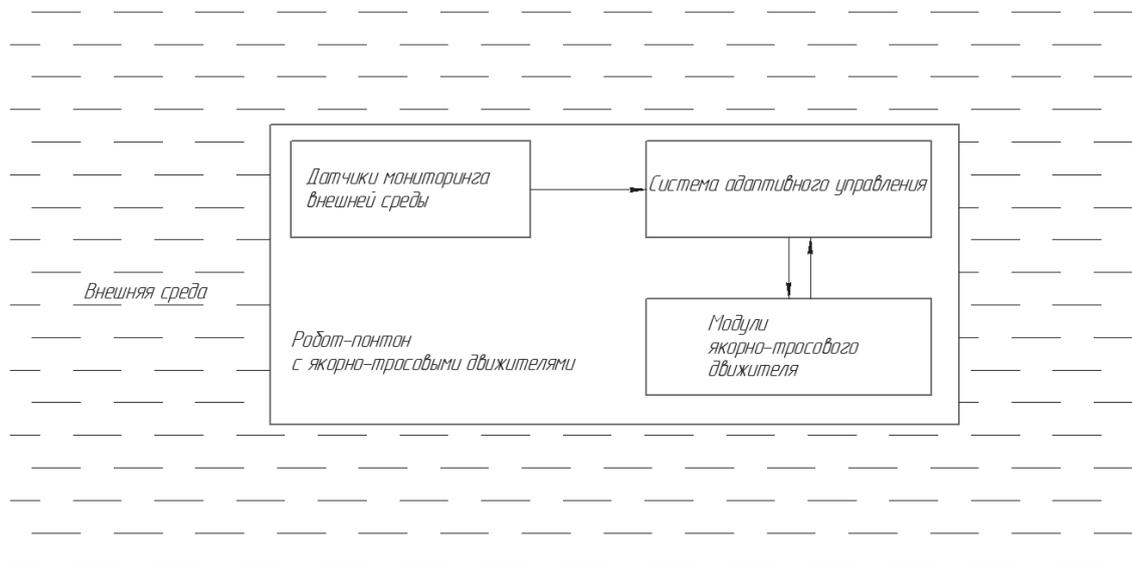


Рис. 3. Схема работы алгоритма адаптивного движения

Благодаря оцувствлению робота-понтон с помощью датчиков мониторинга внешней среды, таких как камеры для получения визуальной информации, а также использования эхолокационных датчиков для определения рельефа, возможно применение нейросетевых технологий, в частности, исследования рельефа и прокладывания оптимального пути, что и является системой адаптивного управления.

Сама система адаптивного управления представляет собой модель глубокой нейронной сети. Схема предлагаемой нейронной сети представлена на рис. 4.



Рис. 4. Схема глубокой нейронной сети

При более подробном рассмотрении сверточные слои необходимы для преобразования визуальной информации в более упрощенный и понятный вид для последующих операций внутри системы управления. Данные слои необходимы только для обработки входящей информации [4, 5].

Наиболее интересным применением обла-

дают рекуррентные слои, поскольку они также обрабатывают входящую информацию, но в отличие от сверточных слоев, благодаря рекуррентным слоям и происходит адаптация робота-понтон. Поскольку каждый нейрон в этих слоях представляет собой рекуррентную функцию, схема которой представлена на рис. 5, слои в нейронной сети позволяют продолжать обучение модели в процессе перемещения, поскольку рельеф дна может быть непредсказуем.

Критерии оптимальности пути закладываются в систему заранее, однако применение рекуррентных функций и позволяет производить адаптацию робота-понтон, изначально имеющего некоторые настройки для начала движения и способного корректировать маршрут и алгоритм движения, адаптируясь к условиям передвижения (например, учитывая силу бокового течения).

Само управление модулями якорно-тросового двигателя рассматривалось ранее [1]. Однако учитывалось только программное управление при поступательном равномерном движении с прямолинейным движением центра масс. При реализации алгоритмов адаптивного управления математическая модель может быть скорректирована для изучения влияния бокового течения.

$$\left\{ \begin{array}{l} M\ddot{x}_c = \sum_{j=1}^n T_{1j} \cos \alpha_{1j} + \sum_{j=1}^n T_{2j} \cos \alpha_{2j} - Q_{об} \\ M\ddot{y}_c = -G - \sum_{j=1}^n T_{1j} \sin \alpha_{1j} - \sum_{j=1}^n T_{2j} \sin \alpha_{2j} + \Phi \\ M\ddot{z}_c = -Q_{б} \\ I\ddot{\phi} = \Phi b - \sum_{j=1}^n T_{1j} \sin \alpha_{1j} (a_j - l) - \sum_{j=1}^n T_{2j} \sin \alpha_{2j} a_j \end{array} \right. ,$$

где a_j – расстояние от центра масс до тянущего маховика; l – межосевое расстояние между двумя маховиками j -го движителя; G – вес робота-понтон; Φ – выталкивающая сила; $Q_{об}$ – сила сопротивления движению; $Q_{б}$ – сила бокового течения; α_j – угол отклонения троса от горизонтальной оси; b – расстояние между центром масс и центром плавучести; h – расстояние от продольной оси до дна; T_1 и T_2 – силы натяжения тросов в тянущем и режиме переноса якорно-тросового движителя.

Математическая модель была рассмотрена ранее, но без учета силы бокового течения $Q_{б}$, влияющего на устойчивость движения. Устойчивость движения является одной из важнейших характеристик движения шагающей машины [6].

Выводы

При рассмотрении представленной задачи предлагается способ реализации системы адаптивного управления, основанного на рекуррентных слоях нейронной сети, который дает возможность с начальными параметрами за-

пускать движение платформы-понтон с якорно-тросовыми движителями, попутно при движении проводя непрерывное обучение полносвязной нейронной сети, что позволит проложить оптимальный маршрут согласно критериям, заложенным изначально.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пеньшин, И. С. Об управлении роботов-понтон с якорно-тросовыми движителями / И. С. Пеньшин, Е. С. Брискин // XVI Всероссийская мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2023) : Материалы мультиконференции : в 4 т. Волгоград, 11–15 сентября 2023 года / редкол.: И. А. Каляев, В. Г. Пешехонов, С. Ю. Желтов [и др.]. Т. 1. – Волгоград, 2023. – С. 201–203.
2. Тимофеев, И. П. Шагающие машины для освоения ресурсов морского дна / И. П. Тимофеев. – Л. : ЛГИ, 1987. – 176 с.
3. О рациональных режимах движения якорно-тросовых движителей при переносе в новое положение / Е. С. Брискин, В. Н. Платонов, Н. Г. Шаронов, В. А. Серов, С. А. Устинов // Экстремальная робототехника. – 2020. – Т. 1, № 1. – С. 227–233.
4. Слепое устранение размытия изображения с использованием многозадачной сверточной нейронной сети и пространственно-вариативной рекуррентной нейронной сети / В. В. Анисимовский, М. А. Пенкин, Е. А. Дорохов [и др.] // Труды Международной конференции по компьютерной графике и зрению «Графикон». – 2023. – № 33. – С. 455–462. – DOI 10.20948/graphicon-2023-455-462. – EDN FFTMZE.
5. Джоши, П. Искусственный интеллект с примерами на Python : пер. с англ. / П. Джоши. – СПб.: Диалектика, 2019. – 448 с.
6. Брискин, Е. С. Устойчивость поступательного движения шагающей машины с цикловым движителем / Е. С. Брискин, А. В. Леонард // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2013. – № 6. – С. 131.