

УДК 62-519

ПЛАНУВАННЯ ШЛЯХУ АВТОНОМНОГО НАДВОДНОГО СУДНА ТА МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ

Єрмоленко Б. О.*аспірант кафедри Програмованої електроніки електротехніки та телекомунікацій.**Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова,**Миколаїв, Україна**bohdan.errmolenko@nuos.edu.ua*

Анотація. Автономні надводні судна (АНС) та їх застосування у дослідженнях різної складності є актуальною галуззю досліджень. Автономні надводні судна це пристрої, здатні самостійно рухатись водним середовищем і виконувати різні завдання та проводити збір даних. Це грає важливу роль для проведення наукових досліджень різного характеру. Постійні зміни динамічних умов середовища, потреба в енергозбереженні, забезпечення безпеки та ефективного виконання завдань ставлять перед процесом руху та планування шляху значні виклики. Вплив цих проблем не дозволяє ефективно виконувати рух по заданому маршруту, і тому загальна продуктивність роботи АНС сильно падає.

Ключові слова: Автономні надводні судна, навігація, планування шляху, алгоритм оптимізованого руху.

Вступ. Планування руху є важливою частиною науки про робототехніку; він відповідає за планування шляхів для роботів. Робот дотримується цього плану, щоб досягти мети зі своєї позиції, уникаючи при цьому зіткнення з перешкодами. Автономні надводні судна (АНС) можуть застосовуватись при вирішенні широкого спектру завдань у різних сферах, таких як інженерні роботи, дослідження портів зон, патрулювання водних акваторій, навігаційні роботи, військові цілі, екологічні та гідрографічні дослідження. Важлива особливість полягає у відсутності будь якого екіпажу на борту, а все управління відбувається автоматично або дистанційно [1]. Метою цієї роботи є проведення дослідження планування шляху АНС як важливого етапу на якому базується рух автономного судна, та провести огляд алгоритмів оптимізованого руху як аспекту планування шляху, за для знаходження потенційних шляхів покращення ефективності роботи.

Основна частина. Ефективне керування АНС значною мірою залежить від відповідної навігаційної систем, оцінки стану, аналізом навколишнього середовища та можливостями реакції на ситуацію. Маневрування по заданій траєкторії потребує високої точності керування, виникає потреба достатнього запасу працездатності та проблема обмежених енергоресурсів потребує використання якісних електронних та механічних компонентів, а також енергоефективних алгоритмів керування. Планування шляху є важливою складовою наведення АНС. Головна ціль планування шляху – знаходження можливого шляху у певному середовищі. Процес планування можна розділити на три етапи: планування маршруту, планування траєкторії та планування руху.

Оптимізація руху безпілотних апаратів вимагає розв'язання складної математичної задачі, яка полягає в мінімізації функції від цільових параметрів руху (швидкості, прискорення, кутової швидкості тощо) при заданих обмеженнях.

Класичні методи оптимізації базуються на ітеративному покроковому підході до мінімізації функції. Серед них можна виділити такі методи:

Метод градієнтного спуску: цей метод базується на знаходженні напрямку найшвидшого спаду функції, що вказує на напрямок максимального спаду функції.

Метод координатного спуску (Coordinate descent) - це ітераційний метод, що шукає мінімум функції шляхом зменшення значення функції по кожній координаті по черзі.

Метод Ньютона: цей метод використовує інформацію про другі похідні функції для знаходження мінімуму функції.

Метод квазі-Ньютонових алгоритмів: цей метод використовує матрицю, яка оновлюється на кожному кроці, щоб наблизити другу похідну функції.

За середовищем функціонування алгоритми оптимізації розділяють на дві великі категорії – а саме статичні та динамічні. За цією характеристикою можна відокремити дві великі категорії – Глобальні та Локальні алгоритми планування. Глобальні алгоритми оптимізації маршрутів спрямовані на пошук оптимального маршруту задля досягнення цільової мети. Вони працюють на основі моделі маршрутів та загальної інформації про навколишнє середовище. Серед основних методів цього класу слід виділити Алгоритм штучних потенційних полів [2], Метод дорожньої карти [3], Алгоритм Дейкстри [4]

Локальні алгоритми планування відрізняються від Глобальних тим, що середовище частіше невідоме та динамічне, і тому процес побудови маршруту відбувається саме під час руху. Його головна особливість полягає у тому що маршрут генерується шляхом отримання інформації від різноманітних датчиків у момент руху робота. До цієї групи алгоритмів відносяться: алгоритм локального потенційного поля [5], Метод гістрограми векторного поля (VFH) [6], алгоритми сімейства Bug [7].

Однією з особливостей застосування методів оптимізації руху АНС є необхідність врахування великої кількості параметрів, які впливають на процес оптимізації. Зокрема, до таких параметрів можна віднести швидкість руху АНС, зону покриття, область руху, пропускну здатність та інші фактори, що пов'язані з характеристиками конкретного АНС. Іншою особливістю застосування методів оптимізації руху АНС є врахування обмежень, які впливають на роботу. Наприклад, можуть існувати обмеження на швидкість руху, максимальну відстань між точками, та інші. У такому випадку необхідно використовувати алгоритми, які можуть враховувати ці обмеження та забезпечувати оптимальний маршрут з урахуванням всіх вимог та обмежень.

Один із потенційних шляхів підвищення ефективності планування шляху, це сформування чітких критеріїв оптимізації які повинні виконуватись. Важливо зазначити, що ці параметри повинні виходити із цільового призначення АНС, та самого алгоритму. Як результат проведеного дослідження, сформовано наступні критерії:

Урахування довжини шляху – критерій важливості руху за найкоротшим шляхом.

Врахування відстані до перешкоди під час руху – критерій, який впливає на безпечний рух робота на відстані від перешкод.

Рівномірність шляху – важливо щоб під час руху за маршрутом не було різких змін у траєкторії.

Знаходження у зоні видимості стартової точки – критерій необхідності знаходитись у зоні видимості початкової або фінішної точки.

Масштабованість – критерій можливості працювати на різних територіях.

Висновок. Проведений аналіз процесу планування шляху АНС, як важливого етапу який лежить в основі руху АНС по заданому маршруті. Досліджено важливий аспект планування шляху, а саме алгоритми оптимізованого руху як шлях підвищення ефективності руху. На основі дослідження було сформовано критерії оптимальності, урахування яких у роботі алгоритму, дасть змогу покращити будування шляху, та покращить загальну ефективність під час переміщення АНС. Розвиток алгоритмів оптимізованого руху дозволяють забезпечити гнучкість та адаптивність до змінних умов, що здатні забезпечити найкращі рішення в реальному часі.

Список використаної літератури

[1] Єрмоленко Б. 2023. Аналіз Автономних надводних суден для вирішення задач гідрографічного моніторингу. Розвиток Транспорту, (4(15), 24-32. <https://doi.org/10.33082/t2022.4-15.03>

[2] Ma'arif, Alfian & Wahyunggoro, Oyas & Imam, Adha. 2019. Artificial Potential Field Algorithm Implementation for Quadrotor Path Planning. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 10. 10.14569/IJACSA.2019.0100876.

- [3] Dale, Lucia, Amato, Nancy. 2001. Probabilistic roadmaps - Putting it all together. Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation. 2. 1940 - 1947 vol.2.
- [4] Dijkstra, E.W. A note on two problems in connexion with graphs. 1959. Numer. Math. 1, 269–271.
- [5] Khatib, O. Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots. 1986. O. Khatib. Autonomous robot vehicles. Springer, c. 396—404.
- [6] Borenstein, Johann, Koren. 1991. The vector field histogram-fast obstacle avoidance for mobile robots. IEEE Trans. Robotics Autom. 7 278-288.
- [7] K.N. McGuire, G.C.H.E. de Croon, K. Tuyls, A comparative study of bug algorithms for robot navigation, Robotics and Autonomous Systems, Vol 121, 2019, 103261, ISSN 0921-8890.
- [8] Debnath, Sanjoy & Omar, Rosli & Bagchi, Susama & elia nadira, Sabudin & Shee Kandar, Mohd Haris Asyraf & Foyso, K. & Chakraborty, Tapan. 2021. Different Cell Decomposition Path Planning Methods for Unmanned Air Vehicles-A Review. 10.1007/978-981-15-5281 6-8.
- [9] Akshay Kumar Guruji, Himansh Agarwal, D.K. Parsediya, Time-efficient A* Algorithm for Robot Path Planning, Procedia Technology, Volume 23, 2016, Pages 144-149, ISSN 2212-0173.
- [10] S. M. LaValle, Rapidly-Exploring Random Trees: A New Tool for Path Planning, Technical Report. 98-11.

PATH PLANNING OF AN AUTONOMOUS SURFACE VESSEL AND OPTIMIZATION METHODS

Yermolenko Bohdan Oleksiyovich

postgraduate student at Department of Programmable Electronics, Electrical Engineering and Telecommunications

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

bohdan.errmolenko@nuos.edu.ua

Abstract. Autonomous surface vessels (UAVs) and their application in research of various complexity are a relevant field of research. Autonomous surface vessels are devices capable of independently moving through the water environment and performing various tasks and collecting data. It plays an important role in carrying out scientific research of various nature. Constant changes in the dynamic conditions of the environment, the need for energy saving, ensuring safety and efficient performance of tasks pose significant challenges to the process of movement and path planning. The influence of these problems does not allow efficient movement along the given route, and therefore the overall performance of the ANS is greatly reduced.

Keywords: Autonomous surface vessels, navigation, path planning, algorithm of optimized movement.

УДК 629.12.011.001.24

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЕФЕКТИВНОСТІ НАДВОДНОГО ДРОНУ - КАМІКАДЗЕ

Соломенцев О. І.,

доктор технічних наук, професор НУК

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Україна, м. Миколаїв

solomen@mksat.net