

ПРО ОПТИМІЗАЦІЮ МАРШРУТУ РУХУ БЕЗПЛОТНОГО ГІДРОГРАФІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ РЕЛЬЄФУ ДНА ВОДОЙМ

Єрмоленко Б. О.

аспірант

Національного університету кораблебудування

імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

В результаті гідрографічних досліджень видобуваються дані для складання, навігаційних карт та інших навігаційних видань, що забезпечують безпеку мореплавання.

У даний час, для дослідження водних ресурсів все частіше використовуються малогабаритні безпілотні гідрографічні комплекси рис 1 [1; 2; 3, pp. 1–4]. У багатьох діючих гідрографічних комплексах використовуються два варіанта вибору траєкторії руху: ручне управління та рух по заданому маршруту, як показано на рис.2.



Рис. 1. Малогабаритні безпілотні комплекси

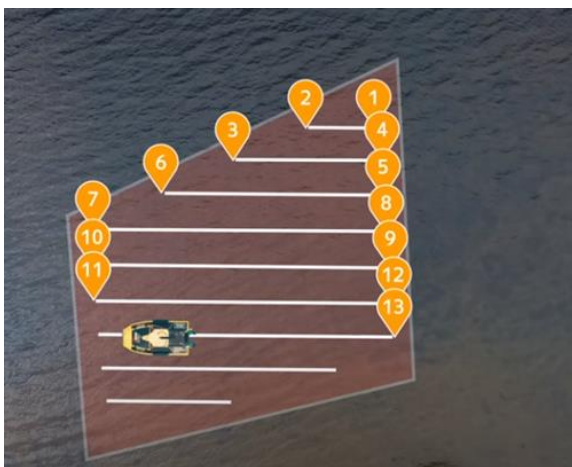


Рис. 2. Схема руху по заданому маршруту

Метою роботи є формулювання критерію оптимальності маршруту та вибір класу алгоритмів оптимізації маршрутів руху безпілотного гідрографічного комплексу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Методи оптимізації маршруту руху досліджується багатьма авторами. При постановці завдань оптимізації маршруту перш за все необхідно сформулювати чіткі критерії оптимізації. Тут ми можемо використати великий досвід оптимізації маршрутів руху наземних роботів різного призначення, наприклад у роботі [4, с. 11–13] розглядається задача планування маршруту в умовах багатокритеріальності. Відмітимо основні критерії які також можуть використовуватись під час руху безпілотного гідрографічного комплексу при вирішенні поставленої задачі:

1. Довжина шляху;
2. Час проходження маршруту, яке залежить від швидкості руху і обмежень по прискоренню (забезпечення плавності маршруту);
3. Вимога про не вихід за межі зони радіозв'язку та с модулем управління.

Виходячи із завдань безпілотного гідрографічного комплексу при дослідженні дна, усі перераховані критерії під час оптимізації руху повинні мати допоміжний характер. Основними необхідно вважати наступні критерії:

Вимірювання рельєфу дна з максимальною деталізацією, приділяючи особливу увагу ділянкам з високим градієнтом рельєфу (провали та піднесення дна).

Методи оптимізації маршрутів руху, широко розглянуті здебільшого у англійській літературі, умовно розділяють на чотири категорії:

1. Метод штучних потенціальних полів (artificial potential fields – APF) [5, pp. 2–26; 6, pp. 245–257; 7, pp. 207–213], алгоритм реального часу, розроблений спеціально для навігації мобільних роботів у процесі руху. У розглянутій системі дані інфрачервоних датчиків створюють образ середовища навколо мобільного робота, у відповідності з яким будується маршрут руху.

2. Метод швидкого дослідження випадкових дерев (rapidly-exploring random trees – RRTs) [8, pp. 36–44; 9, pp. 288–295]. Це алгоритм, розроблений для ефективного пошуку невикривлених просторів великої розмірності шляхом випадкової побудови дерева, що заповнює простір. Дерево будується поступово з вибірок, обраних випадково з області пошуку, і за своєю суттю має тенденцію до зростання у бік великих недосліджених областей.

3. Метод рою частинок (greedy mechanism-based particle swarm optimization – PSO) [10, pp. 1–22; 11, pp. 1–22] – метод чисельної оптимізації, для використання якого не потрібно знати точного градієнта функції, що оптимізується.

4. Алгоритми планування шляху на основі карти з сіткою (grid map-based path-planning algorithms) [12, pp. 100–107; 13, pp. 239–253; 14, pp. 533–579]. У таких алгоритмах для початкової оптимізації маршруту використовуються карти із сіткою зони пошуку.

Найбільш кращим для оптимізації маршруту руху безпілотного гідрографічного комплексу є 4-й варіант алгоритму з попереднім використанням карти глибин, які є, принаймні для судноплавних водних ресурсів. У разі їх відсутності необхідно проводити попереднє дослідження дна з невеликою деталізацією та точністю.

Висновки. Розглянуто критерії якості та методи вирішення завдань оптимізації маршрутів руху безпілотного гідрографічного комплексу. Сформульовано критерій вибору оптимального маршруту та обрано клас алгоритмів оптимізації, в рамках якого необхідно побудувати конкретний оптимізаційний алгоритм.

Література:

1. Гидрографический комплекс SCANMAX SONOBOT [Електронний ресурс] – <https://scanmax.ru/katalog/eholoty/gidrograficheskij-kompleks-scanmax-sonobot/>
2. Дрон для гидрографических работ АРАСНЕ 3 [Електронний ресурс] – <https://brlab.ru/scopes/drony-dlya-gidrograficheskikh-rabot/dron-dlya-gidrograficheskikh-rabot-apache-3>

3. Manley, J.E. Unmanned surface vehicles, 15 years of development. In Proceedings of the OCEANS 2008, Quebec City, QC, Canada, 15–18 September 2008; pp. 1–4.
4. Лавренов Р. О., Афанасьев И.М. Планирование маршрута для беспилотного наземного робота с учетом множества критериев оптимизации. 2016; с.10–19. [Электронный ресурс] – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27271390>
5. Yang Y., Quan Li, Junnan Z. Yangmin Xie. Iterative Learning-Based Path and Speed Profile Optimization for an Unmanned Surface Vehicle, Sensors 2019, pp. 2–26.
6. Specht, M.; Specht, C.; Lasota, H.; Cywiński, P. Assessment of the Steering Precision of a Hydrographic Unmanned Surface Vessel (USV) along Sounding Profiles Using a Low-Cost Multi-Global Navigation Satellite System (GNSS) Receiver Supported Autopilot. Sensors 2019, 19, pp. 245–257.
7. Naeem, W.; Henrique, S.C.; Hu, L. A reactive COLREGs-Compliant navigation strategy for autonomous maritime navigation. IFAC-Papers Online 2016, 49, pp. 207–213.
8. Specht C., Świtalski E., Specht M., Application of an autonomous/unmanned survey vessel (ASV/USV) in bathymetric measurements Polish Maritime Research 3 (95) 2017 Vol. 24; pp. 36–44.
9. Bruce, J.; Veloso, M.M. Real-time randomized path planning for robot navigation. In Robot Soccer World Cup; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2002; pp. 288–295.
10. Xin, J.; Zhong, J.; Li, S.; Sheng, J.; Cui, Y. Greedy Mechanism Based Particle Swarm Optimization for Path Planning Problem of an Unmanned Surface Vehicle. Sensors 2019, 19(21), 4620, doi:10.3390/s19214620, pp. 1–22.
11. S. Junior, A. G. da Silva. High-Level Path Planning for an Autonomous Sailboat Robot Using Q-Learning, Sensors 2020, 20(6), 1550, doi:10.3390/s20061550, pp. 1–22.
12. Hart, P.E.; Nilsson, N.J.; Raphael, B. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. IEEE Trans. Syst. Sci. Cyber. 1968, 4, pp. 100–107.
13. Ferguson, D.; Stentz, A. Field D*: An interpolation based path planner and Replanner. In Robotics Research; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2007; pp. 239–253.
14. Daniel, K.; Nash, A.; Koenig, S.; Felner, A. Theta*: Any-angle path planning on grids. J. ArtiF. Intell. Res. 2010, 39, pp. 533–579.