

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА НАВІГАЦІЇ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

**Т.В. Ісмайлов**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: tymur.ismailov@nure.ua

**Анотація:** В роботі наведено алгоритм підвищення точності визначення координат рухомого об'єкту на основі застосування навігаційної інформації від різних джерел первинних даних. Поєднано декілька алгоритмів в один комплексний алгоритм, за рахунок чого підвищена точність та набута універсальність застосування алгоритму, як всередині приміщень так і на відкритій місцевості.

**Ключові слова:** комплексний алгоритм, локалізація, навігація, рухомий об'єкт.

## DEVELOPMENT OF ALGORITHM FOR INCREASING LOCALIZATION AND NAVIGATION ACCURACY OF MOVING OBJECTS

**T.V. Ismailov**

Kharkiv National University of radio electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauki Ave

E-mail: tymur.ismailov@nure.ua

**Annotations:** The article provides an algorithm for improving the accuracy of determining the coordinates of a moving object based on the use of navigation information from various sources of primary data. Several algorithms are combined into one complex algorithm, due to which the accuracy and universality of the algorithm application are increased, both indoors and outdoors.

**Keywords:** complex algorithm, localization, navigation, mobile object.

На сьогоднішній день існує багато автономних роботів, які виконують різноманітні задачі без втручання оператора. Це і автоматичні роботи вантажники, які використовуються на великих фабриках та складських приміщеннях. Це і рухомі платформи які здійснюють перевезення вантажу в сільськогосподарській промисловості. Також сюди можна віднести роботів, що переміщуються по траскторіях, які були встановлені задалегідь.

Для виконання автономними рухомими об'єктами таких завдань, перш за все потрібно мати систему навігації та локалізації високої точності для того, щоб уникнути зіткнень, аварій та ситуацій коли рухома платформа взагалі перемістилась в протилежну сторону від бажаної.

В роботі пропонується алгоритм локалізації та навігації мобільних платформ, що буде побудований на ідеї комплексування інформації від декількох датчиків за допомогою фільтру Калмана та фільтру частинок з метою підвищення точності.

Головною метою роботи є реалізація комплексного алгоритму локалізації та навігації основанийого на різних підходах.

Оскільки навігація за допомогою системи глобальної супутникової навігації має занадто велику помилку поруч з будівлями за рахунок перевідбиття сигналу, або зовсім не працює в приміщеннях через абсолютну відсутність сигналу її не доцільно використовувати за таких умов, або покладатись зі стовідсотковою впевненістю на отримані координати.

Використання системи LIDAR, в якості оптичного сенсора не є хорошою ідеєю в приміщеннях де немає орієнтирів, наприклад в довгих коридорах, так як алгоритм локалізації базуються саме на чітко виражених орієнтирах.

Інерційна система навігації має помилки при великому відношенні сигнал шум, що має місце при низьких швидкостях. Та поруч місць, що вносять шум до магнітних полів, на які орієнтується гіроскоп.

Одометрія має високу точність на відносні переміщення, але через накопичувальну природу помилок, не може бути використана, як єдиний сенсор для трекінгу або локалізації.

Кожен з підходів локалізації має свої плюси та мінуси. Запропоновано реалізувати алгоритм для локалізації рухомих об'єктів на відкритому просторі та в середині приміщень, що надасть змогу використовувати мобільну платформу на якій буде встановлена запропонована система в будь яких умовах для різних цілей.

Для локалізації в середині приміщень буде використано підхід зображений на рис. 1. Він включає у себе застосування інерційного вимірювального блоку та одометрії, що комплексуються в фільтрі Калмана та дають оцінку відносного переміщення. Системи LIDAR застосовується в поєднанні з сервером карти. Алгоритм, що буде використовуватись побудований на чисельних методах Монте Карло. Він дозволяє порівнювати карту отриману від системи LIDAR в момент часу  $t$  та порівнювати її з картою, яка була побудована заздалегідь. Актуальна карта приміщення хоститься за допомогою вузлу під назвою "сервер карти". Дві оцінки комплексуються між собою за допомогою вузлу комплексування оцінки.

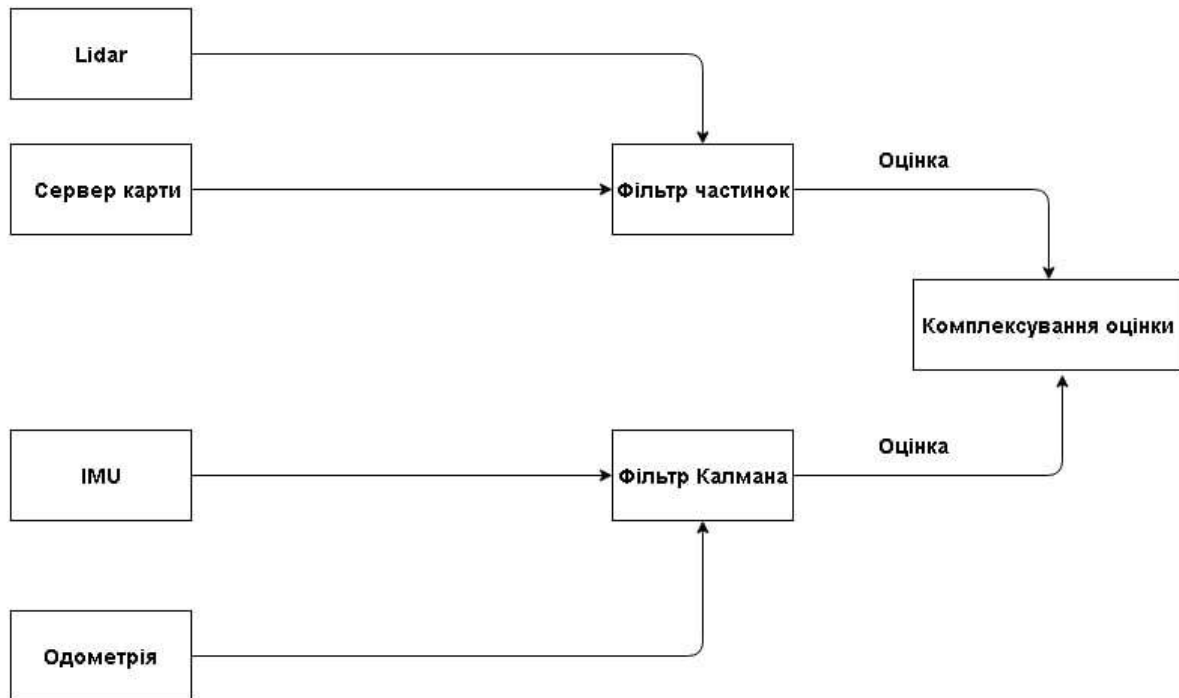


Рисунок 1 – Узагальнена структурна схема навігаційної системи локалізації об'єкта в середині приміщень

Для локалізації та навігації на відкритому просторі буде використовуватись супутникова навігація, одометрія коліс та інерційний блок вимірювань. Схема реалізації даної частини комплексного алгоритму зображена на рис. 2.

Вузол комплексування оцінки побудований на формулах (1) та (2).

$$\mu = \Sigma_2(\Sigma_1 + \Sigma_2)^{-1}\mu_1 + \Sigma_1(\Sigma_1 + \Sigma_2)^{-1}\mu_2, \quad (1)$$

$$\Sigma = \Sigma_1(\Sigma_1 + \Sigma_2)^{-1}\Sigma_2 \quad . \quad (2)$$

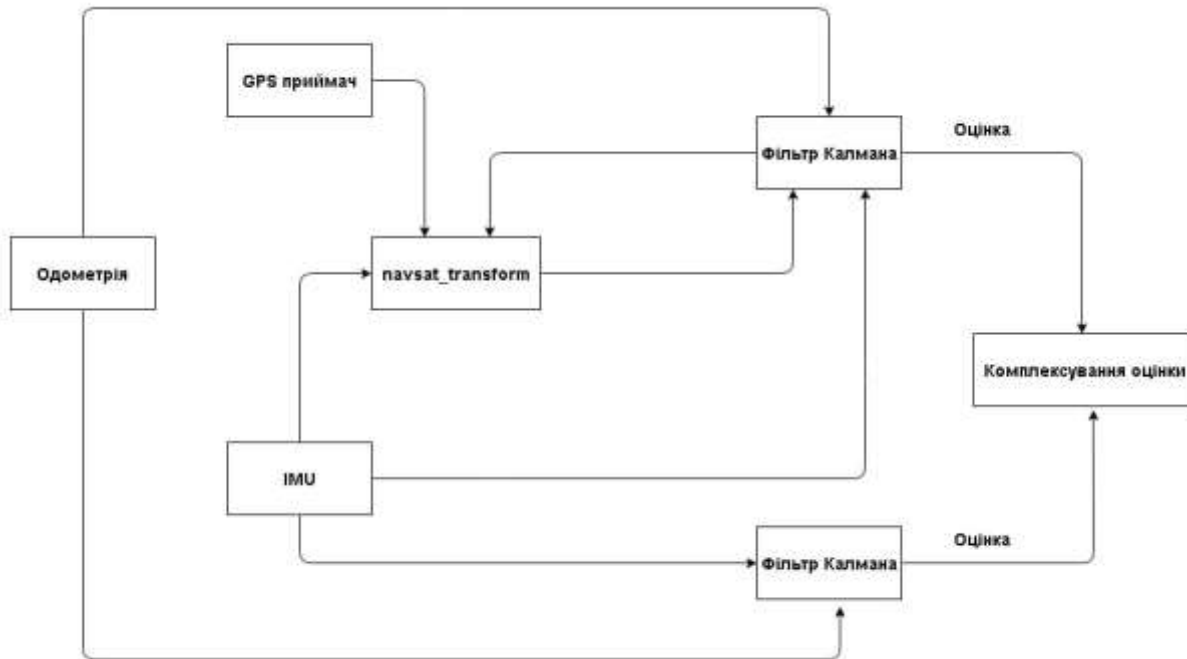


Рисунок 2 – Узагальнена структурна схема навігаційної системи локалізації рухомого об'єкта на відкритому просторі

Розглянувши узагальнені структурні схеми навігаційної системи локалізації рухомого об'єкта на відкритому просторі та в середині приміщень перейдемо до опису комплексного алгоритму, блок-схема, якого зображена на рис. 3.

Алгоритм розпочинає роботу з ініціалізації початкових умов. Якщо робот нічого не знає про своє місце розташування на момент початку алгоритму, то початкові значення зазначаються нулями. Якщо була відома апіорна навігаційна інформація вона може бути внесена під час ініціалізації задля кращої та швидкої оцінки дійсного місця положення рухомого об'єкту.

Наступним кроком алгоритму є завантаження заздалегідь побудованих карт місцевості або карт приміщень в яких буде здійснюватись рух.

Далі робот починає збір даних від сенсорів та намагається локалізувати себе відносно завантаженої на попередніх етапах алгоритму карти або відносно всесвітньої системи координат WGS 84.

Після чого виконується перевірка умови чи виконується локалізація відносно всесвітньої системи координат чи відносно карти приміщення або місцевості. Якщо локалізація відбувається відносно WGS 84, то запускаються вузли, які зображені на узагальненій структурній схемі навігаційної системи локалізації рухомого об'єкта на відкритому просторі, що зображена на рис. 2.

У цьому варіанті запускаються два незалежні один від одного вузли, у яких виконується алгоритм фільтрів Калмана. У одному фільтрі комплексується отримана після препроцесинга інформація від приймача GPS, одометрії та IMU. У іншому фільтрі Калмана комплексується інформація від IMU та одометрії. Далі отримані оцінки комплексуються за формулами 1 та 2 та отримується оптимальна оцінка навігаційної інформації.

Якщо локалізація відбувається відносно карти місцевості, то запускаються вузли, які зображені на узагальненій структурній схемі навігаційної системи локалізації рухомого об'єкта на всередині приміщень, що зображена на рис. 1.

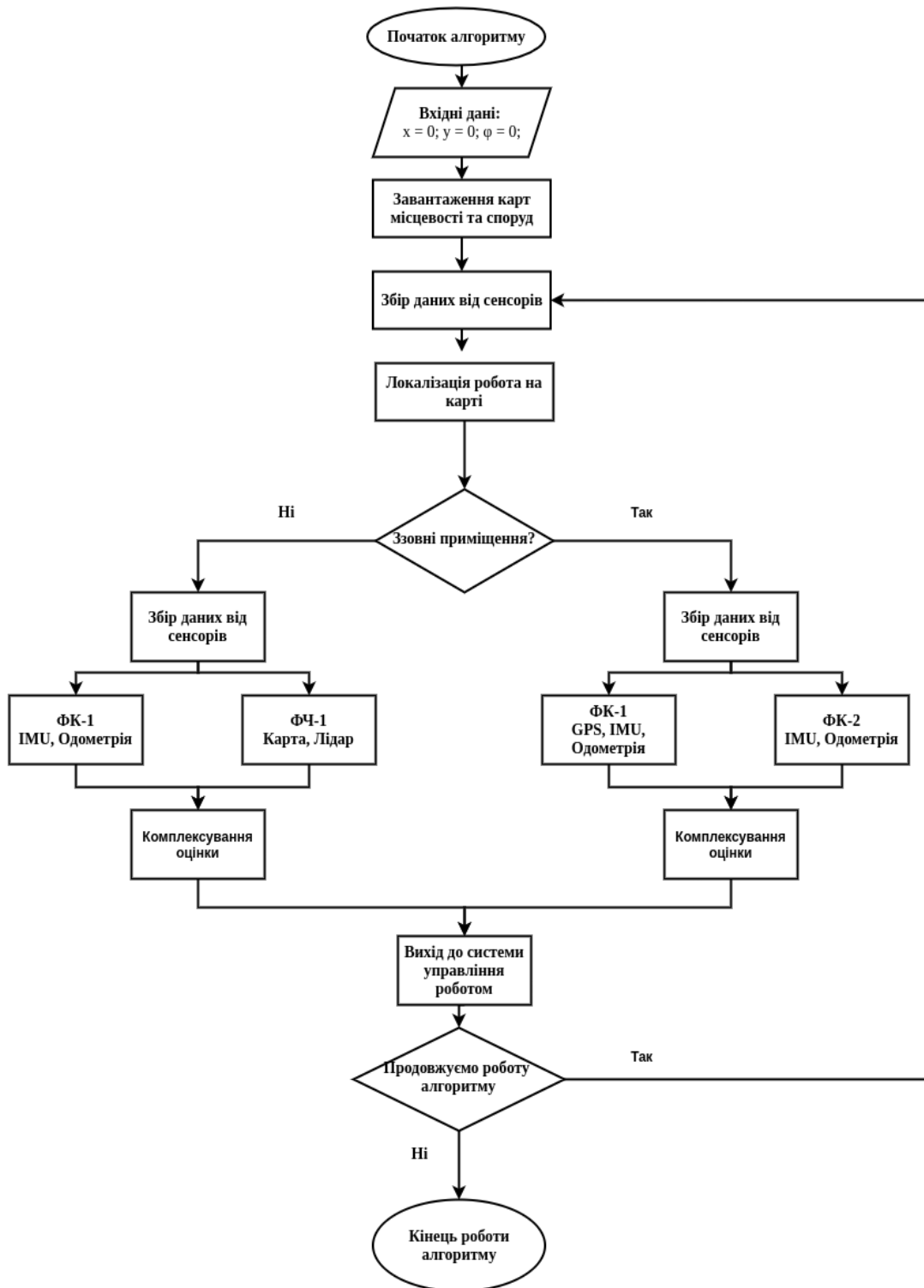


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритму роботи комплексної навігаційної системи локалізації рухомого об'єкта

У цьому випадку запускаються два вузли, а саме вузол фільтру Калмана та вузол фільтру частинок. У фільтрі Калмана комплексується інформація отримана після препроцесинга від IMU та одометрії. А у фільтрі частинок відбувається оцінка місця положення робота відносно карти місцевості за рахунок обробки інформації від системи LIDAR.

Далі отримані оцінки комплексуються за формулами 1 та 2 та отримується оптимальна оцінка навігаційної інформації.

Після отримання оптимальної оцінки місця положення робота, оцінка передається до системи керування роботом, яка може використовувати отриману навігаційну інформацію для виконання траєкторій, або інших завдань, від інших модулів, що можуть бути інтегровані до платформи автономного робота.

Алгоритм виконується до тих пір поки не прийде сигнал про вимкнення системи комплексної навігації та локалізації від системи управління роботом або від оператора.

**ВИСНОВКИ.** В роботі був представлений комплексний алгоритм локалізації та навігації рухомого об'єкта на відкритому просторі та у середині приміщень, що розширює можливості автономних мобільних роботів для використання їх в універсальних умовах. Алгоритм побудований на основі двох фільтрів – фільтру Калмана та фільтру частинок, що є найкращими рішеннями для вирішення поставлених задач.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Adams M.D. Sensor Modelling, Design and Data Processing for Autonomous Navigation. World Scientific Series in Robotics and Intelligent Systems. Singapore. 1999. 103 p.
2. Adaptive Monte Carlo localization [електронний ресурс]. <http://wiki.ros.org/>
3. Hofmann-Wellenhof B., Legat K., Wieser M.. Navigation: Principles of Positioning and Guidance. Springer, Wien. 2003. P. 215-245.
4. Corke P. Robotics Vision and Control. Fundamental algorithms in MATLAB. 2011. 570 p.
5. Choi K.S., Lee S.J. Enhanced SLAM for a Mobile Robot using Extended Kalman Filter. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing 2010. 264 p.
6. Montemerlo M., Thrun S., Koller D., Wegbreit B. FastSLAM: A factored solution to the simultaneous localization and mapping problem with unknown data association. Proceedings of the AAAI National Conference on Artificial Intelligence. 2002. P. 593-598.
7. Quigley M., Gerkey B., Smart W. D. Programming Robots with ROS. O'Reilly Media Inc. 2015. 17 p.
8. Moore T., Stouch D. A Generalized Extended Kalman Filter Implementation for the Robot Operating System, in Intelligent Autonomous Systems 13. Stouch. 2015. P. 335–348.
9. Levitt T. S., Lawton D. T. Qualitative Navigation for Mobile Robots. Artificial Intelligence. 1990. P. 305–360.
10. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic User Authentication Key for Access to HMI/SCADA via Unsecured Internet Networks. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, Article ID 5866922. <https://doi.org/10.1155/2022/5866922>.
11. Lyashenko, V., Abu-Jassar, A.T., Yevsieiev, V., Maksymova, S. Automated Monitoring and Visualization System in Production, Int. Res. J. Multidiscip. Technovation, 5(6) 2023 09-18. <https://doi.org/10.54392/irjmt2362>

**Науковий керівник:** Стародубцев Микола Григорович, доц. кафедри КІТАР, Харківського національного університету радіоелектроніки