

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ КОВЗНОГО СЕРЕДНЬОГО В БЕЗЗАПИТНОМУ РЕЖИМІ ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ У РАДІОТЕХНІЧНІЙ СИСТЕМІ БЛИЖНЬОЇ НАВІГАЦІЇ УМОВАХ ДІЙ РАДІОЗАВАД

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Анотація

Запропоновано використання методу ковзного середнього, який дозволяє підвищити точність вимірювання дальності у радіотехнічній системі ближньої навігації (РСБН-4Н) в умовах дій радіозавад.

Ключові слова: алгоритм ковзного середнього, радіотехнічна система, канал виміру дальності, ближня навігація, радіозавада.

Abstract

The paper proposes the use of the moving average method, which allows to increase the accuracy of range measurement in the radio technical system of short-range navigation (RSBN-4N) in the conditions of radio interference.

Keywords: moving average algorithm, radio engineering system, range measurement channel, short-range navigation, radio interference.

Вступ

Сьогодні алгоритми обробки сигналів знаходять широке використання у різних галузях, включаючи радіотехнічні системи ближньої навігації (РСБН-4Н), що застосовуються у беззапитному режимі вимірювання дальності. Одним із таких алгоритмів є алгоритм ковзного середнього, який використовується для зменшення шуму та згладжування даних в умовах дій радіозавад.

Метою роботи є розроблення методу використання алгоритму ковзного середнього для підвищення точності вимірювання дальності у радіотехнічній системі ближньої навігації (РСБН-4Н) в умовах дій радіозавад.

Результати дослідження

Для опису алгоритму ковзного середнього, а також для оцінки його ефективності змодельємо процес вимірювання відстані в беззапитному режимі РСБН-4Н.

Для визначення ефективності використання алгоритму ковзного середнього використовуємо порівняння показників середньої помилки вимірювання відстані. Спочатку змодельємо процес вимірювання відстані в ідеальних умовах з тривалістю періодичних імпульсів 1 мс, тобто без впливу завад. Це дозволяє отримати еталонне (істинне) значення відстані, яке позначимо як d_e [1-3]. Ця величина буде базою для подальшого порівняння.

Наступним кроком буде імітація реальних умов роботи системи. До сигналу, який використовується для вимірювання відстані, додаємо радіозавади.

В якості завад додано білий гауссовий шум з відношенням сигнал/шум 10 дБ та вузькосмугові радіозавади.

Використовуючи метод вимірювання через визначення часу затримки сигналу, обчислюємо відстань. Цю виміряну відстань позначимо як d_s

$$d_s = c \times \Delta t, \quad (1)$$

де $c = 3 \times 10^8$ м/с – швидкість світла; Δt – час затримки.

Для кожного окремого вимірювання помилок обчислюємо як різницю між виміряною відстанню та еталонною, але оскільки вимірювання проводяться багаторазово (для серії імпульсів), то середня похибка розраховується як середнє арифметичне всіх індивідуальних помилок

$$\varepsilon = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N \varepsilon_n, \quad (2)$$

де ε – середня помилка; N – загальна кількість вимірювань; ε_n – помилка n -го вимірювання [4-6].

Середня помилка показує, наскільки в середньому виміряна відстань відхиляється від еталонного значення через вплив завад. Цей показник дозволяє оцінити точність вимірювань у заданих умовах.

Після того як ми знайшли значення середніх помилок, використовуємо запропонований алгоритм ковзного середнього, як фільтр

$$y(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x(k-i), \quad (3)$$

де $x(k)$ – вхідний сигнал із завадами; $y(k)$ – відфільтрований сигнал.

Промодельовані сигнали зображені на рис. 1 [7, 8].

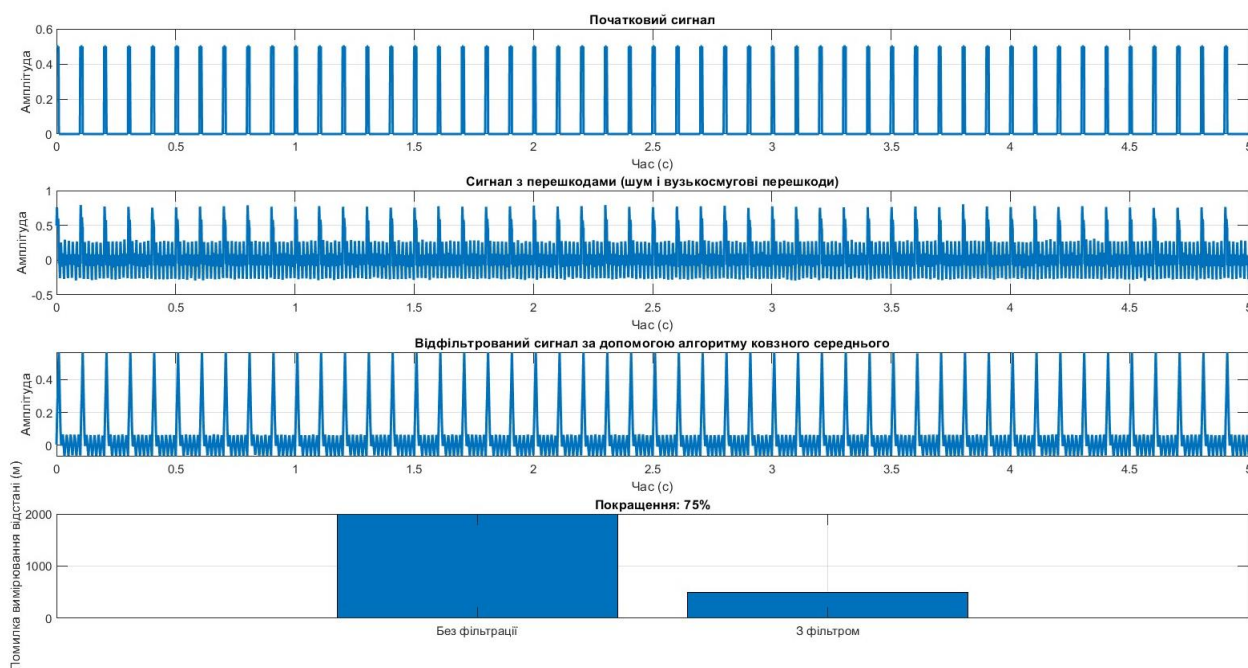


Рис. 1. Покращення характеристик сигналу з використанням алгоритму ковзного середнього

Без фільтрації середня помилка вимірювання відстані становила $\varepsilon = 2000$ м. Після застосування алгоритму ковзного середнього: помилка зменшилася до $\varepsilon = 500$ м

$$\Delta\varepsilon = \frac{\varepsilon_{\text{без фільтра}} - \varepsilon_{\text{з фільтром}}}{\varepsilon_{\text{без фільтра}}} + 100\% = \frac{2000 - 500}{2000} \times 100\% = 75\% \quad (4)$$

Таким чином, алгоритм знизив похибку на 75%, що свідчить про його ефективність у згладжуванні шумів та радіозавад.

Висновки

Використання алгоритму ковзного середнього в беззапитному режимі РСБН-4Н дозволяє значно підвищити точність вимірювання відстані в умовах радіозавад. Зменшення середньої помилки з 2000 м до 500 м (на 75%) свідчить про потенціал методу для авіаційної навігації. Оптимізація розміру вікна N може додатково покращити результати залежно від типу та інтенсивності завад.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нікітін О. В., Лебедев В.О., Павліченко О. А., Сивашенко С. І., Захарченко В. В., та ін. Радіотехнічні системи ближньої навігації, частина 1. Харків: ХНУПС, 2018. 84 с.
2. Свид І. В. Обробка радіолокаційної інформації систем спостереження повітряного простору: монографія. / І. В. Свид. Дніпро : ЛІРА ЛТД, 2022. 224 с.

3. Свид І.В., Ткач М.Г. Синтез і аналіз виявлювача трас повітряних об'єктів запитальної радіолокаційної системи. // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2023. Вип. 212. С. 175-185. doi: <https://doi.org/10.30837/rt.2023.1.212.17>.
4. Кононенко С. В., Тарасов В. Ю. Радіотехнічні системи посадки повітряних суден: навчальний посібник. Київ: НАУ, 2019. 105 с.
5. І.І. Обод, І.В. Свид, О.С. Мальцев. Обробка даних радіолокаційних систем спостереження повітряного простору: навчальний посібник. Харків: Друкарня Мадрид, 2021. 255 с.
6. Свид І. В., Обод І. І. Завадостійкість радіолокаційних систем ідентифікації за ознакою «свій-чужий»: монографія. / І. В. Свид, І. І. Обод. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 254 с.
7. Bassem R. Matlab simulations for radar systems. London, 2004. 57с.
8. Свид І.В., Обод І.І., Серіков А.О. Застосування MATLAB для моделювання радіолокаційних систем // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2022. Вип. 211. С. 154–158. doi: <https://doi.org/10.30837/rt.2022.4.211.13>.

Решетняк Катерина Олександрівна — слухач групи 453С, факультет автоматизованих систем управління та наземного забезпечення польотів авіації, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: katerinaresetnak08@gmail.com

Науковий керівник: **Свид Ірина Вікторівна** — к.т.н., доцент, доцент кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків; професор кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ.

Reshetniak Kateryna A. — student of group 453C, Faculty of Automated Control Systems and Ground Support of Aviation, Kharkiv National Air Force University named after Ivan Kozhedub, Kharkiv, email: katerinaresetnak08@gmail.com

Supervisor: **Svyd Iryna V.** — D. in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Aviation Radio Navigation and Landing Systems, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv; Professor of the Department of Computer Engineering and Electronics Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-frankivsk.