

17. Hussain O. A., Chen Z., et al. sSecure Net: A Hybrid CNN-LSTM-based Intrusion Detection System for Securing IoT Networks // Proceedings (ACM). 2025. DOI: <https://doi.org/10.1145/3727648.3727736>.

Надійшла до редакції (Received): 24.02.2026

Прийнята до друку (Accepted): 17.03.2026

Опубліковано онлайн (Available online): 30.03.2026

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

This work is licensed under Creative Commons Attribution-noncommercial-sharealike 4.0 International License.

УДК 621.396.93:623.746-519

DOI: 10.31673/2409-7292.2026.011239

Синявський О. Ю.

МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЧУТЛИВОСТІ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ БПЛА ЯК КРИТЕРІЮ СИНТЕЗУ СИГНАЛІВ УПРАВЛІННЯ

Помилки при управлінні безпілотними літальними апаратами (БПЛА) є причинами їх втрати та не виконання завдань функціонального призначення за рахунок збільшення траєкторії польоту, що не передбачено польотним завданням. Оптимальне значення чутливості каналу зв'язку БПЛА дозволяє підвищити надійність управління при незначних енергетичних складових сигналу. Такий висновок обумовлено тим, що необхідно визначити оптимальне відношення сигнал / завада каналу зв'язку БПЛА відносно необхідної дальності управління та захищеності операторів. Критерії оптимізації характеристик сигналу управління каналів зв'язку БПЛА. Метою статті є розробка методу розрахунку чутливості каналу зв'язку БПЛА як критерію синтезу сигналів управління для забезпечення надійного управління. Розроблено метод розрахунку чутливості каналу зв'язку БПЛА для забезпечення надійного управління. Розроблений метод пропонується застосовувати при обґрунтуванні характеристик сигналів управління каналу зв'язку БПЛА для забезпечення раціонального поєднання відношення сигнал / завада на вході приймача каналу зв'язку, надійного управління при польоту та незначної витрати коштів на об'єкти разової дії. Розроблений критерій чутливості каналу зв'язку БПЛА для забезпечення надійного управління характеризує час розповсюдження сигналу каналом зв'язку БПЛА та впливає на надійність управління в умовах протидії противника. Подальші дослідження пропонується направити на обґрунтування інших критеріїв оптимальності синтезу характеристик сигналу управління каналу зв'язку БПЛА та проведення їх порівняння.

Ключові слова: БПЛА, засіб, захищеність, інформація, канал зв'язку, математична модель, синтез, спостереження, радіоелектронна протидія, радіотехнічні завади, управління, чутливість.

Вступ

Помилки при управлінні безпілотними літальними апаратами (БПЛА) можуть привести до їх втрати та не виконання завдань функціонального призначення за рахунок збільшення траєкторії польоту, що не передбачено польотним завданням [1-4]. Для забезпечення надійності управління БПЛА при польоті використовують радіосигнали відносно значної потужності для забезпечення дальності дії каналу зв'язку та боротьби із засобами протидії противника. Однак, значна потужність сигналу управління БПЛА для забезпечення надійності функціонування каналу зв'язку є демаскуючим фактором для операторів, що підтверджено результатами ведення антидроновної боротьби у сучасних військових конфліктах, у тому числі на території України [4-8].

Постановка проблеми

На сьогодні для розв'язання питання захисту від завад радіосигналів управління каналів зв'язку БПЛА та прихованості дії операторів широко використовується оптоволоконна лінія [3, 9]. Однак застосування оптоволоконної лінії управління збільшує не тільки вартість БПЛА, але й накладання особливостей їх застосування в умовах активної протидії: використання лазерних ножів, періодичне механічне перерізання ліній наземними роботизованими комплексами, встановлення термальних ліній в секторі дії дронів тощо. Тому актуальним досі

залишається використання каналу зв'язку БПЛА для управління на основі радіосигналу. Таким чином, оптимальне значення чутливості каналу зв'язку БПЛА дозволяє підвищити надійність управління при незначних енергетичних складових сигналу [10]. Це обумовлено тим, що необхідно визначити оптимальне відношення сигнал / завада каналу зв'язку БПЛА відносно необхідної дальності управління та захищеності операторів [3, 9, 11].

В основу методу розрахунку чутливості каналу зв'язку БПЛА для забезпечення надійного управління пропонується критерій “оптимальність – надійність управління – вартість”. Такий підхід передбачає розв'язання системної (комплексної) задачі щодо обґрунтування характеристик сигналів управління каналу зв'язку БПЛА для забезпечення раціонального поєднання відношення сигнал / завада на вході приймача каналу зв'язку, надійного управління при польоту та незначної витрати коштів на об'єкти разової дії (особливо для FPV-дронів) [11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Досвід бойового використання БПЛА під час локальних війн і військових конфліктів у світі, у тому числі на сході України, показав розширення їх бойових задач: розвідка, цілевказання, постановка завад, нанесення вогневих ударів [2, 3, 9, 11, 12]. При цьому порівняно невелика вага, малопомітність для засобів протиповітряної оборони робить БПЛА ефективним засобом для нанесення ударів по критичним об'єктам військової та цивільної інфраструктури противника [12-15]. При цьому використовуються різні засоби, комплекси та системи виявлення та протидії безпілотним апаратам [16, 17]. Отже, необхідно удосконалювати системи управління БПЛА з метою їх ефективного використання.

Для розрахунку оптимальних характеристик сигналу управління каналу зв'язку БПЛА пропонується обґрунтувати відповідний критерій. Таким чином, актуальним є питання обґрунтування (визначення) критерію для синтезу характеристик сигналу управління каналу зв'язку БПЛА для забезпечення їх ефективного використання [18-21].

Отже, розробка методу розрахунку чутливості каналу зв'язку БПЛА для забезпечення надійного управління є актуальною задачею для забезпечення ефективності використання БПЛА за призначенням, особливо в умовах протидії противника.

Метою роботи є розробка методу розрахунку чутливості каналу зв'язку БПЛА як критерію синтезу сигналів управління для забезпечення надійного управління.

Основний матеріал

Під чутливістю каналу зв'язку БПЛА будемо вважати здатність приймача виділяти корисний сигнал (сигнал управління) на фоні шумів (завад), який необхідний для забезпечення надійного управління. Наприклад, за критерій чутливості можна використати максимальне значення відношення сигнал / завада на вході приймача каналу зв'язку БПЛА за час спостереження вихідного сигналу T або середнє за час спостереження значення відношення сигнал / завада тощо [4, 12]. Значення відношення сигнал / завада на вході приймача каналу зв'язку БПЛА, яке викликано виходом даної характеристики q_j корисного сигналу управління $y(t)$, пропорційне коефіцієнту чутливості відносно цієї характеристики:

$$a_j(t) = \partial y(t) / \partial q_j.$$

Геометрично змінні $a_j(t)$ є складовими градієнту функції $y(t, q)$ у просторі змінних q :

$$\nabla y(t, q) = \{a_1(t), a_2(t), \dots, a_n(t)\}.$$

При визначенні чутливості каналу зв'язку БПЛА визначають, як правило, не характеристики q_j , а змінні $\Delta z_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \Delta q_j$, які утворюють лінійний підпростір характеристик q_j , розмірності m . Наприклад, характеристика каналу зв'язку БПЛА потужність на приймачі q_j залежить від дальності знаходження передавача (оператора), сектору управління, часу знаходження в зоні управління (залежить від швидкості польоту БПЛА). Від значень коефіцієнтів складових чутливості за окремими характеристиками q_j пропонується

перейти до коефіцієнтів чутливості за характеристиками z_i . Такі коефіцієнти будемо розраховувати як похідні змінних $\Delta y(t)$ за характеристиками z_i при умові, що інші характеристики z_j при $j \neq i$ є постійними. Підпростір Z в загальному випадку є ортонормований, тоді коефіцієнти чутливості $b_i(t)$ за характеристиками z_i є похідними змінних $\Delta y(t)$ у напрямі нормалі до гіперплощини $\Delta z_i = const$, тобто до гіперплощини $\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} q_j = const$. Так як змінні α_{ij} відповідають умові $\sum_{k=1}^n \alpha_{ik} \alpha_{jk} = \delta_{ij}$, тоді для кожного фіксованого значення змінної α_{ij} є складові одиничного вектору нормалі до гіперплощини $\Delta z_i = const$:

$$\vec{n}_i = \{\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{in}\}, i = \overline{1, m}.$$

Похідна змінної Δy в напрямі нормалі до гіперплощини $\Delta z_i = const$, тобто $b_i(t)$, дорівнює множенню змінних ∇y і \vec{n}_i :

$$b_i(t) = \left. \frac{\partial y}{\partial z_i} \right|_{z_j=const, j \neq i} = (\vec{n}_i, \nabla y) = \sum_{j=1}^n \frac{1}{\alpha_{ij}} a_j(t). \quad (1)$$

У матричній формі для коефіцієнтів чутливості каналу зв'язку БПЛА за окремими характеристиками множини Z отримаємо:

$$b^m = \frac{1}{\alpha} a^m. \quad (2)$$

Згідно коефіцієнтів чутливості $b_i(t)$ зміну характеристик сигналу управління каналу зв'язку БПЛА Δy на підпросторі змінних Z опишемо таким співвідношенням:

$$\Delta y/z = \sum_{i=1}^m b_i(t) \Delta z_i = \Delta y_1(t). \quad (3)$$

Змінна $\Delta y/z$, яка визначається згідно виразу (3), є не чутлива до змінювань характеристик q_j , які не впливають на змінні z_i .

За значення відношення сигнал / завада на вході приймача каналу зв'язку БПЛА використаємо середньоквадратичну оцінку, яка є інтегралом від квадрата змінної $\Delta y/z$ за час $[0, T]$. Запропонована оцінка не є єдиною, але її використання викликано наочністю та простотою для запропонованих рівнянь.

Усереднення за змінними Δz_i запропонованої оцінки є чутливістю S каналу зв'язку БПЛА. Отже:

$$S = \int_0^T \langle \Delta y_1^2(t) \rangle dt = \sum_{i,k} \langle \Delta z_i \Delta z_k \rangle \int_0^T b_i(t) b_k(t) dt. \quad (4)$$

Змінні Δz_i є ортонормовані, тоді $\langle \Delta z_i \Delta z_k \rangle = \delta_{ik}$ і для чутливості S отримаємо вираз:

$$S = \int_0^T \sum_{i=1}^m b_i^2(t) dt. \quad (5)$$

При дискретному сигналі управління каналу зв'язку БПЛА для моментів часу (y точках дискретизації) t_k ($k = \overline{1, s}$), отримаємо:

$$S = \sum_{k=1}^s \sum_{i=1}^m b_i^2(t_k). \quad (6)$$

Для матричного запису співвідношення (5) і (6) можна записати:

$$S = Sp(b^m b).$$

Після перетворення шляхом підстановки замість змінної b^m її значення із виразу (2) і використання $b = (b^m)^m = \left(\frac{1}{\alpha} a^m\right)^m = a \left(\frac{1}{\alpha}\right)^m$, знайдемо:

$$S = Sp \left[\frac{1}{\alpha} a^m a \left(\frac{1}{\alpha}\right)^m \right]. \quad (7)$$

Після перетворення співвідношення (7), отримаємо:

$$S = Sp \left[\frac{1}{\alpha} \tilde{R}_y \left(\frac{1}{\alpha} \right)^m \right] - \sigma_\xi^2 Sp E = Sp \left[\frac{1}{\alpha} \tilde{R}_y \left(\frac{1}{\alpha} \right)^m \right] - m \sigma_\xi^2.$$

З метою спрощення подальших розрахунків за значення чутливості будемо вважати змінну S' :

$$S' = Sp \left[\frac{1}{\alpha} \tilde{R}_y \left(\frac{1}{\alpha} \right)^m \right]. \quad (8)$$

При відомій заваді (потужності сигналу протидії противника) змінна σ_ξ^2 постійна, тоді оптимізація змінної S' відповідає з математичної точки зору оптимізації змінної S .

Позначимо $\tilde{R}'_y = \frac{1}{\alpha} \tilde{R}_y \left(\frac{1}{\alpha} \right)^m$. Множення оператора, діючого в просторі векторів q , зліва на $\frac{1}{\alpha}$, а справа на $\left(\frac{1}{\alpha} \right)^m$, відповідає проекції оператора із простору характеристики q розмірності n в підпростір характеристик z розмірності m . Тоді змінна \tilde{R}'_y є оператором, який діє у підпросторі характеристик z . Власні значення цього оператора є λ'_i , $i = \overline{1, m}$. Якщо Sp оператора дорівнює сумі його власних значень, то із виразу (8) знайдемо формулу:

$$S' = \sum_{i=1}^m \lambda'_i. \quad (9)$$

Із формули (9) виходить, що значення чутливості S або S' також є інваріантною оцінкою відношення сигнал / завада на вході приймача каналу зв'язку БПЛА, значить, не залежить від вибору змінних q_j і z_i .

Фізичний зміст запропонованої оцінки чутливості каналу зв'язку БПЛА можна обґрунтувати наступним чином.

Нехай простір q складається із підпросторів z розмірності m і є ортогональним до підпростору z' розмірності $n - m$. Орти підпростору z' ортогональні ортам підпростору z . Сукупність ортів підпростору z і підпростору z' є ортонормованою системою, яка отримується деякою зміною в просторі q . При використанні цієї системи ортів характеристики сигналу управління розраховуються так:

$$\Delta y = \sum_{i=1}^m b_i(t) \Delta z_i + \sum_{j=m+1}^n b'_j(t) \Delta z_j + \xi(t) = \Delta y_1(t) + \Delta y_2(t) + \xi(t). \quad (10)$$

Корисну інформацію про змінні z_i використовує тільки частка сигналу управління на вході приймача каналу зв'язку БПЛА $\Delta y_1(t)$. Складова сигналу управління у блоці управління БПЛА $\Delta y_2(t)$ є незалежною від змінних z_i . Ця складова залежить тільки від змінних z'_i , які визначають особливості формування характеристик радіоканалу каналу зв'язку БПЛА (фактично закон розповсюдження хвиль каналом зв'язку від приймача до блоку управління БПЛА). Така складова при синтезі сигналу управління перешкоджає розрахунку змінних z_i , тобто, є перешкодою.

Підпростори z і z' ортогональні, тоді змінні z_i і z'_i є незалежними, що відповідає $\langle z_i z'_i \rangle = 0$. Тобто, складові сигналу управління каналу зв'язку БПЛА $\Delta y_1(t)$ і $\Delta y_2(t)$ є незалежними (некорельованими). Так, із виразу (10) отримаємо:

$$\langle \Delta y_1(t) \Delta y_2(t) \rangle = \sum_{i,j} b_i(t) b'_j(t) \langle \Delta z_i \Delta z'_j \rangle = 0.$$

Відміна складової сигналу управління $\Delta y_2(t)$ від завади $\xi(t)$ тільки в тому, що складова сигналу управління $\Delta y_2(t)$ у моменти часу t_1 і t_2 сильно корельована із завадою на інтервалі розповсюдження сигналу каналом зв'язку БПЛА $[0, T]$:

$$\langle \Delta y_2(t_1) \Delta y_2(t_2) \rangle = \sum_i b'_i(t_1) b'_i(t_2) \neq 0.$$

Значення чутливості S каналу зв'язку БПЛА відповідає чутливості тільки корисної частини сигналу управління $\Delta y_1(t)$, що належить виразу (4). Задача оптимізації характеристик сигналу управління каналу зв'язку БПЛА за критерієм чутливості сформулюємо так: при

заданій тривалості розповсюдження сигналу каналом зв'язку БПЛА Т або кількості відліків сигналу управління на блоці управління БПЛА i розрахувати такий оптимальний сигнал управління $u_{opt}(t)$, при якому значення чутливості S є максимальним:

$$S(\{u_{opt}\}) = \max_{\{u\}} S(\{u\}).$$

Із формул (5) і (6) можна зробити висновок, що чутливість S зі збільшенням тривалості розповсюдження сигналу управління каналом зв'язку БПЛА Т або кількості відліків i монотонно зростає. Із врахуванням такого висновку сформуємо: розв'язання запропонованої задачі оптимізації характеристик сигналу управління каналу зв'язку БПЛА за критерієм чутливості дозволяє обґрунтувати характеристики раціонального сигналу управління каналу зв'язку БПЛА $u_{opt}(t)$, який при заданому рівні чутливості забезпечує мінімальну тривалість розповсюдження сигналу каналом зв'язку БПЛА. Змінна чутливості S при цьому не залежить від дисперсії завади σ_{ξ}^2 , а змінна чутливості S' залежить від завади адитивно. Таким чином, характеристики оптимального сигналу управління каналу зв'язку БПЛА не залежать від завади σ_{ξ}^2 . З іншого боку, оптимальний сигнал управління $u_{opt}(t)$ забезпечує максимальну чутливість або мінімальний час розповсюдження сигналу каналом зв'язку БПЛА при деякому рівні завади і буде забезпечувати максимальну чутливість або мінімальний час розповсюдження сигналу каналом зв'язку БПЛА при інших завадах.

Висновки

У дослідженні розроблено метод розрахунку чутливості каналу зв'язку БПЛА для забезпечення надійного управління. Розроблений метод пропонується застосовувати при обґрунтуванні характеристик сигналів управління каналу зв'язку БПЛА для забезпечення раціонального поєднання відношення сигнал / завада на вході приймача каналу зв'язку, надійного управління при польоту та незначної витрати коштів на об'єкти разової дії. Розроблений критерій чутливості каналу зв'язку БПЛА для забезпечення надійного управління характеризує час розповсюдження сигналу каналом зв'язку БПЛА та впливає на надійність управління в умовах протидії противника. Подальші дослідження пропонується направити на обґрунтування інших критеріїв оптимальності синтезу характеристик сигналу управління каналу зв'язку БПЛА та проведення їх порівняння.

Перелік посилань

1. Герасимов С. В. Дослідження високоточних систем навігації літальних апаратів за наземними орієнтирами / С. В. Герасимов, А. М. Гричанюк, О. О. Журавльов // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. 2017. № 5. С. 48-53. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2017_5_11.
 2. Беляєвський Л.С. Теоретичні основи радіонавігації та радіонавігаційних систем / Беляєвський Л.С. К.: КМУЦА, 1997. 408 с. Режим доступу: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=S&I2-1DBN=EC&P21DBN=EC&S21STR=%D0%92%D0%90585736.
 3. Герасимов С.В., Чернявський О.Ю., Нанівський Р.А., Ільків І.М., Смичок В.Д. Комплектування полігону навчально-тренувальними комплексами для підготовки операторів безпілотних летальних апаратів. Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). 2023. № 2 (20). С. 63-72. <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2023.20.63-72>.
 4. Yevseiev S., Kuznietsov O., Herasimov S. et. al. Development of an optimization method for measuring the Doppler frequency of a packet taking into account the fluctuations of the initial phases of its radio pulses. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 2/9 (110). 2021. Pp. 6-15. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.229221>.
 5. Zumberge J.F., Heflin M.B., Jefferson D.C., Watkins M. M., Webb F. H. Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. Geoph Research. Vol. 102, No B3. 1997. Pp. 5005-5017. <https://doi.org/10.1029/96JB03860>.
 6. Yevseiev S., Herasymov S., Kuznietsov O. et. al. (2023). Method of assessment of frequency resolution for aircraft. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(9 (122)), 34–5. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277898>.
- Герасимов С.В. Модель оцінки похибки обробки інформації у навігаційних системах крилатих ракет в умовах невизначеності. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. Харків, 2019. № 2 (35). С. 151-157. <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.35.19>.

8. Kushnerov O., Murr P., Herasymov S. et. al. Application of Neural Networks for Network Traffic Monitoring and Analysis, 2024 8th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), Ankara, Turkiye, 2024, pp. 1-8, <https://doi.org/10.1109/ISMSIT63511.2024.10757251>.
9. Сучасне озброєння і військова техніка Збройних Сил Російської Федерації. Довідник учасника ООС / [С.П. Корнійчук, О.В. Туринський, Г.В. Певцов, та ін.]; за заг. ред. С.П. Корнійчука. Х.: ДІСА ПЛЮС, 2020. 1220 с. Режим доступу: https://chtyvo.org.ua/authors/Turinskyi_Oleksandr/Suchasne_ozbroiennia_i_viiskova_tekhnika_Zbroinykh_syl_Rosiiskoi_Federatsii_Dovidnyk_uchasnyka_OOS/?utm_source=chatgpt.com.
10. Аврутов В.В., Аврутова І.В., Попов В.М. Випробування приладів і систем. Види випробувань та сучасне обладнання. Київ : НТУУ “Київський політехнічний інститут”, 2009. 64 с. Режим доступу: https://cions.kpi.ua/Arhiv/vyprob_sec.pdf.
11. Герасимов С.В., Чернявський О.Ю., Томчук О.А., Болкот П.А., Мартиненко С.А. Обладнання полігону навчально-тренувальними комплексами для збільшення дальності дії систем управління безпілотних апаратів. Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). 2024. № 1 (21). С. 77-86. <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2024.21.77-86>.
12. Асавалюк А.В., Герасимов С.В., Рошчупкін Є.С. Похибки визначення повного вектора швидкості в єдиній прямокутній системі координат системою оглядових станцій радіолокації з різною точністю / А. В. Асавалюк, С. В. Герасимов, Є. С. Рошчупкін // Системи озброєння і військова техніка. 2017. № 2. С. 53-56. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2017_2_13.
13. Shmatko O., Lysetskyi Y., Yevseiev S. et. al. (2023). Development of the automated decision-making system synthesis method in the management of information security channels. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(9) (126), 39–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.293511>.
14. Herasimov S., Shapran Yu., Stakhova M. Measures of efficiency of dimensional control under technical state designation of radio-technical facilities / S. Herasimov, // Системи обробки інформації. 2018. Вип. 1. С. 148-154. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2018_1_23.
15. Xu Guochang. GPS. Theory, algorithms and applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 2003.
16. Synergy of building cybersecurity systems: monograph / S. Yevseiev, V. Ponomarenko, O. Laptiev, O. Milov and others. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 2021. 188 p. https://papers.ssrn.com/sol3/cf_dev/AbsByAuth.cfm?per_id=4700333.
17. Yevseiev S., Milevskyi S., Sokol V. and others. Development of functionality principles for the automated data transmission system through wireless communication channels to ensure information protection. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. № 4(9) (130). С. 18-33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.310547>.
18. Herasimov S, Borysenko M., Roshchupkin E. and etc. Spectrum Analyzer Based on a Dynamic Filter, J Electron Test. 2021. Pp. 357-368. <https://doi.org/10.1007/s10836-021-05954-0>.
19. Herasimov S., Soroka V., Yevseiev S. et. al. Development of a Method for Measuring small Nonlinear Distortions of Periodic Electrical Signals, 2022 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), 2022, pp. 49-52, <https://doi.org/10.1109/ISMSIT56059.2022.9932685>.
20. Herasymov S., Soroka V., Milevskyi S. et. al. Development of a Method for Digital Synthesis of Electrical Signals with a Normalized Harmonic Coefficient, 2023 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA), Istanbul, Turkiye, 2023, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/HORA58378.2023.10156678>.
21. Dzhus V., Roshchupkin Y., Kukobko S. et. al. Estimation of Noise Radiance Point Sources Multichannel Direction Finding Systems Resolution by Linear Prediction Method // Information Processing Systems, 2021, Issue 4 (167). P.p. 19-26. <https://doi.org/10.30748/soi.2021.167.02>.

Надійшла до редакції (Received): 26.02.2026

Прийнята до друку (Accepted): 17.03.2026

Опубліковано онлайн (Available online): 30.03.2026

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

This work is licensed under Creative Commons Attribution-noncommercial-sharealike 4.0 International License.