

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**HIGHLIGHTS OF REPORTS AND PRESENTATIONS OF
PARTICIPANTS TO THE CONFERENCE**

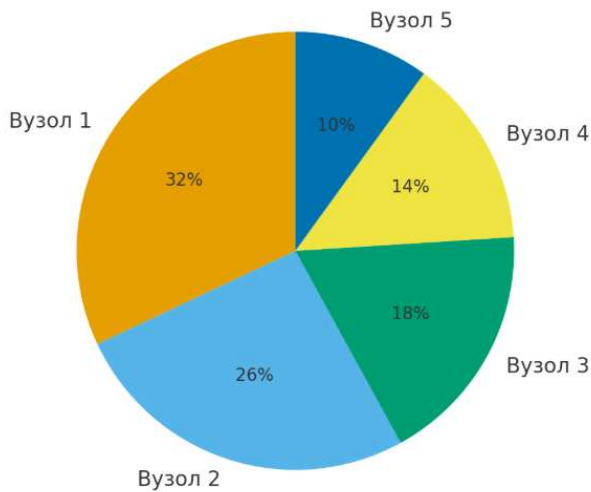


Рис. 1 – Імовірність вибору головного вузла

Як видно з табл. 1 та рис. 1, метод забезпечує пріоритет вибору вузлів із вищими показниками продуктивності та енергії при збереженні випадковості, проте випадковий фактор забезпечує адаптивність і знижує ризик «монополізації» управління одним вузлом.

Запропонований біоінспірований метод вибору головного вузла на основі імовірнісної рандомізації з ваговими коефіцієнтами поєднує багатопараметричну оцінку продуктивності вузлів і механізм випадковості. Це дозволяє підвищити адаптивність, відмовостійкість і стійкість до атак в РТС, що є особливо актуальним у сучасних умовах динамічних навантажень і зростання вимог до безпеки та стабільності РТС.

References

4. Syvolovskiy I.M., Lysechko V.P. (2025) Method for leader node selection and processing pipeline formation in distributed telecommunication systems. – National Aviation University. Science-intensive Technologies. Series: «Electronics, telecommunications and radio engineering», Kyiv, 2025. Vol. 66, № 2, PP. 190-200 <https://doi.org/10.18372/2310-5461.66.20311>.

УДК 621.396.967

Перець К.Г., PhD здобувач
Український державний університет
залізничного транспорту, Харків
Жученко О.С., к.т.н., професор
Український державний університет
залізничного транспорту, Харків

МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ АНСАМБЛІВ СКЛАДНИХ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ РЯДІВ ВОЛЬТЕРРА ДЛЯ КОГНІТИВНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

В умовах когнітивних телекомунікаційних систем (КТС) одним із ключових завдань є формування ансамблів складних сигналів з покращеними взаємкореляційними властивостями. Проблема ускладнюється наявністю завад множинного доступу, нелінійних спотворень та часово-частотної варіативності середовища. Традиційні методи перестановок часових інтервалів чи частотних елементів підвищують обсяг ансамблю, проте не дозволяють достатньо точно описати вплив нелінійних ефектів та складних взаємодій між сигналами.

Для вирішення цієї наукової задачі запропоновано використання рядів Вольтерра як математичного апарату моделювання нелінійних і пам'яттєвих систем. На відміну від лінійних методів, розкладання сигналів у ряди Вольтерра дозволяє врахувати.

1. Вищі порядки взаємодії сигналів.
2. Накопичення енергії у нелінійних середовищах.
3. Вплив міжсимвольних спотворень у часовій області.
4. Нелінійні перетворення у спектральному просторі.

Таким чином, ряди Вольтерра дають можливість якісно описати і контролювати процес формування ансамблів сигналів в умовах завад.

Основні етапи запропонованого методу:

1. Первинне формування ансамблю – використання перестановок часових та частотних елементів для отримання множини сигналів.
2. Вольтерра-моделювання – апроксимація отриманих сигналів за допомогою рядів Вольтерра другого та третього порядку, що дозволяє врахувати нелінійні взаємозв'язки.
3. Оптимізація – вибір параметрів ансамблю на основі мінімізації максимумів бічних пелюсток ФВК, із застосуванням інформаційних критеріїв (AIC, BIC).
4. Адаптація – ітеративне коригування моделі при зміні умов середовища (шум, замирання, інтерференція).

Наукова новизна запропонованого підходу полягає у поєднанні методів перестановок та спектральної фільтрації з нелінійним моделюванням на основі рядів Вольтерра. Це забезпечує не лише збільшення об'єму ансамблю, але й стабільність його

властивостей у реальних каналах з нелінійними спотвореннями.

Практичні результати демонструють, що використання Вольтерра-моделі дозволяє знизити рівень завад множинного доступу на 10–15 % у порівнянні з традиційними методами, а також забезпечує кращу адаптацію ансамблів сигналів до варіативних умов когнітивних мереж.

References

1. Xiang, Q., Tan, X., Ding, Q., & Zhang, Y. (2024). A Compact Bandpass Filter with Widely Tunable Frequency and Simple Bias Control. *Electronics*, 13(2), 411. <https://doi.org/10.3390/electronics13020411> (MDPI Open Access Article)
2. Indyk S., Lysechko V. (2020) The study of ensemble properties of complex signals obtained by time interval permutation. *Advanced Information Systems*. Vol. 4, № 3. PP. 85-88. DOI: 10.20998/2522-9052.2020.3.11.
3. Perets, K., & Zhuchenko O. (2025). Method of localized signal reconstruction in dynamic environments based on modified Volterra series// *Computer-integrated technologies: education, science, production/ Lutsk National Technical University*. – Lutsk. – 2025. (№59), P.P. 313-321. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-59-39>.

*С.О. Кадук, д.т.н., професор В.П. Лисечко,
Н.В. Дорошко
Харківський національний університет
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РАДІОЗАВАД НА ЯКІСТЬ УПРАВЛІННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.

У контексті ескалації гібридних конфліктів, де безпілотні літальні апарати (БПЛА) інтегруються в оперативно-тактичні системи для розвідки, ураження та координації, спектральний моніторинг та управління частотними ресурсами набувають стратегічного значення. Сучасна електромагнітна обстановка в зоні бойових дій характеризується високою щільністю радіосигналів, широким спектром джерел інтерференції та активних систем радіоелектронної боротьби (РЕБ), що безпосередньо загрожують стійкості каналів управління, навігації (GNSS) та передачі розвідувальної інформації БПЛА. Для забезпечення ефективного управління частотними ресурсами та підтримки безперебійного функціонування розвідувальних і бойових операцій необхідне застосування систем спектрального

моніторингу, здатних діяти в умовах високої інтенсивності завад, джемінгу, спуфінгу та багатошляхового поширення сигналів.

Цивільна й військова база стандартів забезпечує базові принципи динамічного доступу до спектру та оцінки зайнятості каналів. Стандарти IEEE, зокрема IEEE 802.22 (2019), визначають архітектуру для когнітивних радіосистем з динамічним доступом до спектру, що забезпечує можливість використання “білих плям” телевізійного спектру для спектрального моніторингу та уникнення інтерференції в тактичних безпроводових мережах. А робочі групи серії IEEE 1900 та конференції DySPAN формалізують вимоги до когнітивних радіомереж, протоколів співпраці вузлів та інтерфейсів для динамічного управління спектром, включно з вимірюваннями інтерференції [1, 2]. У військовій сфері нормативною основою є MIL-STD-461G, (2015, з оновленнями 2025) встановлює вимоги до електромагнітної сумісності для контролю електромагнітних перешкод, включаючи методи моніторингу розподілених спектрів з частотною перестройкою для протидії глушінню, що є критично для забезпечення надійності роботи БПЛА в бойових умовах [3]. MIL-STD-461G інтегрується з STANAG 3516 для мережі спектру повітряного простору, забезпечуючи сумісність з платформами НАТО та мінімізуючи ризики несанкціонованого доступу. Комбінація IEEE 802.22, IEEE 1900 з MIL-STD-461G формує гібридну основу для тактичного домінування, де БПЛА адаптуються до невикористаних частотних діапазонів спектру в реальному часі, з потенціалом для інтеграції в мульти-БПЛА мережі.

Оптимізація методів моніторингу спектру для системи бойового застосування БПЛА передбачає застосування когнітивних алгоритмів, здатних оперативно адаптувати пороги детекції залежно від рівня шумів та інтенсивності завад, аналізувати спектральну статистику і прогнозувати появу інтерференції в реальному часі. Зокрема, удосконалені методи енергетичної детекції з використанням ентропійних показників продемонстрували підвищену ефективність у сценаріях із низьким відношенням сигнал/шум (SNR), що критично для рухомих платформ у зоні активності РЕБ [4]. Важливою складовою є кооперативний або віртуально-кооперативний спектральний моніторинг, коли кілька БПЛА або наземних вузлів спільно здійснюють спостереження за спектром, об'єднуючи локальні дані у центрі злиття. Такий підхід знижує ймовірність виникнення “сліпих зон”, компенсує затінення та багатошляховість, а також підвищує точність прийняття рішень у складних бойових умовах [5,6].