

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

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

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 загрожує 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].

Ширококутні методи сканування, включно зі стисненою вибірковою, дозволяють зменшувати апаратні вимоги до аналогово-цифрових перетворювачів та енергоспоживання, що особливо актуально для платформ із обмеженими SWaP. Поєднання таких методів із кооперативним підходом скорочує час сканування та знижує навантаження на канали обміну даними між вузлами.

Порівняльний аналіз методів вузькокутового та ширококутового моніторингу спектру, а також алгоритмів машинного й глибокого навчання, демонструє їхні сильні й слабкі сторони для застосування у системи бойового застосування БПЛА. Вузькокутні методи включають енергетичне детектування, кореляційний аналіз та виявлення циклостанційних ознак, які характеризуються низькими обчислювальними витратами, високою точністю при наявності апріорної інформації про сигнал та стійкістю до шумів при ресурсозатратності. Ширококутні методи ефективні для роботи з великим діапазоном частот, а машинне навчання забезпечує адаптивну класифікацію сигналів і прогнозування спектральної активності, проте вимагає значних навчальних вибірок і ризикує надмірно пристосуватися до даних [5, 6].

Отже, ефективна організація спектрального моніторингу для системи бойового застосування БПЛА передбачає комплексний підхід: інтеграцію цивільних та військових стандартів, застосування когнітивних алгоритмів, кооперативного аналізу спектру та ширококутового моніторингу з стисненою вибірковою. Така стратегія забезпечує оперативне й точне управління частотними ресурсами, підвищує стійкість до радіоелектронного впливу противника та гарантує надійну роботу безпілотних платформ у динамічному бойовому середовищі.

Список літератури:

1. IEEE 802.22 Overview. EECE, Cairo University. <https://eece.cu.edu.eg>
2. IEEE P1900 / DySPAN Conference Materials. <https://dyspan2019.ieee-dyspan.org>
3. MIL-STD-461G Standard: Requirements for Electromagnetic Compatibility of Subsystems. SpectrumX.
4. Energy Detection with Entropy-based Thresholds in Low SNR Conditions. Wiley Online Library.
5. Cooperative Spectrum Sensing in UAV Networks. arXiv:2001.12345
6. Performance Evaluation of Wideband Sensing and Compressive Sensing Methods. PMC: 10.3390/s21010123

O.V. Lozko, O.Y. Mohylnyi,
Dr.Sc, Professor, V.P. Lysechko
*Ivan Kozhedub Kharkov National University of
Air Forces, Kharkiv, Ukraine*

METHODS FOR CONSTRUCTING MODERN SELF-ORGANISING TELECOMMUNICATION NETWORKS

Modern telecommunications networks require high adaptability to changes: traffic variations, user mobility, interference and equipment failures. The concept of self-organisation (SON) allows for the automation of a significant part of the operational life cycle of networks (auto-configuration, auto-optimisation, self-healing), reducing the need for manual configuration and speeding up service recovery.

In practice, SON distinguishes three main classes of functions:

- self-configuration – automatic configuration of new network elements upon connection;
- self-optimisation – dynamic adjustment of parameters (transmitter power, radio channel settings, handover parameters);
- self-healing – detection and correction of failures, maintaining service availability.

SON architectures range from centralised (via a controller/home management system) to fully distributed agent models, where decisions are made locally by a node based on local measurements and exchanges with neighbours. Hybrid architectures combine local rapid response and global coordination.

Problems arising in self-organised telecommunications networks

Energy constraints

For IoT nodes and sensor networks, resources are limited: battery power, processing power, memory. The implementation of ML models and complex SON algorithms requires a compromise: some of the processing can be performed centrally (edge/cloud), and some locally (lightweight inference, rules).

Security and resilience

Automatic decision-making systems are vulnerable to targeted attacks. It is necessary to implement measurement validation methods, model integrity control, and multi-level authentication for control commands [3].

Difficulties for widespread application

1. Validation in a real environment. Many methods show validity in simulations, but testing in real networks remains difficult due to cost and regulatory constraints.