

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

**Дзюби Володимира Андрійовича –на тему «Інформаційна технологія
моніторингу мереж радіозв'язку»,**

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 -
Комп'ютерні науки

Актуальність теми дисертації.

Сучасний стан розвитку радіотехнологій, стрімке зростання обсягів переданого трафіку та ускладнення радіоелектронної обстановки роблять радіочастотний спектр одним із ключових стратегічних ресурсів держави. В умовах зростаючої насиченості спектра, використання складних типів сигналів і поширення засобів радіоелектронної боротьби традиційні методи технічного контролю та статичні алгоритми моніторингу виявляються недостатньо ефективними. Вони не забезпечують необхідної оперативності, точності та адаптивності для роботи у ситуаціях, де параметри радіовипромінювань змінюються в реальному часі.

Дисертаційне дослідження Володимира Андрійовича Дзюби спрямоване на формування такої технології шляхом інтеграції методів глибокого машинного навчання, когнітивної обробки сигналів, адаптивної спектральної фільтрації та SDR-технологій. Запропонований підхід суттєво підвищує швидкість та ефективність оцінювання параметрів сигналів у складних та нестабільних радіоелектронних умовах.

Актуальність дослідження значно зростає в умовах широкомасштабної збройної агресії проти України, коли стійкість і керованість радіомереж безпосередньо впливають на ефективність військового управління, захист критичної інфраструктури та інформаційну безпеку держави. Проблеми аналізу сигналів, виявлення джерел радіовипромінювань, оцінювання стійкості каналів та контролю спектрального навантаження потребують нових технологічних рішень, здатних працювати в режимі реального часу.

Швидкий розвиток програмно-визначеного радіо створив передумови для гнучкої програмної перебудови радіосистем, однак вимагає комплексних інформаційних платформ, що поєднують автоматичний збір, оброблення та

аналіз великих обсягів радіоданих. Сучасні алгоритми штучного інтелекту та нейронних мереж відкривають можливості для створення когнітивних систем нового покоління, здатних самостійно адаптуватися до змін спектральної ситуації та приймати обґрунтовані рішення.

Тому розроблення та впровадження інтелектуальної інформаційної технології моніторингу мереж радіозв'язку, орієнтованої на реальні бойові та цивільні умови, є вкрай актуальним і важливим завданням сучасної науки та практики.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

1. *Вперше* запропоновано інтегровану математичну модель управління динамічним розподілом частотного ресурсу для радіомереж у умовах радіоелектронної протидії, яка об'єднує когнітивне сприйняття спектра, елементи теорії ігор (для узгодження інтересів багатьох користувачів), адаптивне керування та методи підкріплювального і глибинного навчання у єдину керуючу систему.

2. *Вперше* розроблено та експериментально реалізовано програмний модуль навчання CNN на синтетичних даних для задач радіомоніторингу; забезпечено розпізнавання більше 15 класів сигналів у діапазоні 30 МГц–6 ГГц з точністю більше 95% при варіативних SNR і частотному маневруванні.

3. *Вперше* створено алгоритмічний комплекс інтелектуального аналізу сигналів (виявлення → класифікація → локалізація), стійкий до низького SNR, мультипасу та частотних перестроювань; комплекс поєднує енергетичні, кореляційні та спектрально-фазові ознаки з механізмами адаптивного порогування і злиття даних.

4. *Удосконалено* методику динамічного управління спектром на основі Q-навчання: введено моделі функції корисності з вагами для пропускну здатності, завадостійкості, енергоспоживання і швидкодії, а також критерії оцінювання (час реакції, стабільність, точність), що забезпечують збіжність рішень в умовах РЕБ.

5. *Набула подальшого розвитку* технологія моделювання SDR-систем (GNU Radio / MATLAB) для відтворення бойових сценаріїв РЕБ та перевірки робастності розроблених алгоритмів; показано відтворюваність показників точності/часу реакції та можливість інтеграції модулів у прикладні стенди.

6. *Запропоновано* практичну архітектуру впровадження (регламент, інтероперабельність, кіберзахист, масштабування) для інтеграції технології у державні системи моніторингу радіочастотного простору з орієнтацією на підвищення спектральної безпеки в умовах війни та відбудови.

Отримані результати є внутрішньо несуперечливими, взаємопов'язаними та підтверджують наукову новизну і практичну значущість дисертаційного дослідження. Наукові дослідження виконані здобувачем в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України під керівництвом доктора технічних наук, професора Триснюка Василя Миколайовича.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Дзюби Володимира Андрійовича повністю відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». Робота є завершеною науковою працею, яка свідчить про глибоку обізнаність автора в предметній області та його особистий внесок у вирішення наукової задачі. Звіт про перевірку на текстові збіги підтверджує, що дисертація є самостійним дослідженням, не містить елементів плагіату та має належні посилання на використані джерела.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал викладено структуровано, послідовно та з використанням коректної наукової термінології.

Структура дисертації є обґрунтованою, забезпечуючи послідовний перехід від постановки проблеми до її вирішення та отриманих результатів. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг становить 162 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження, визначено його зв'язок зі швидкозмінними умовами радіоелектронного середовища, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет, розкрито наукову новизну, практичну цінність і наведено загальну характеристику роботи.

У першому розділі подано результати аналізу особливостей проведення радіомоніторингу в діапазонах роботи сучасних радіоелектронних засобів різних технологій, систем і стандартів зв'язку. Визначено роль і перспективи використання інформаційних технологій у процесах технічного

радіоконтролю, описано класифікацію діапазонів радіохвиль і аналітичні рівняння втрат сигналу.

Особливу увагу приділено розвитку програмно-визначуваного радіо (SDR), що використовує програмне забезпечення замість апаратних фільтрів і мікшерів для оброблення сигналів.

Продемонстровано можливості нейронних мереж у задачах розпізнавання типів сигналів та адаптації до змінних умов. Проаналізовано досвід використання SDR у сучасних системах моніторингу, а також окреслено основні проблеми існуючих підходів – низьку адаптивність, складність масштабування та обмежену швидкодію при ускладненні радіоелектронної обстановки.

У другому розділі наведено методологічні основи моніторингу радіоелектронного середовища й управління радіочастотним спектром.

Розроблено модель динамічного розподілу частотного ресурсу, засновану на принципах когнітивного радіо, Q-навчання та функції корисності, що дозволяє оптимізувати вибір частот у режимі реального часу.

Виконано експериментальне оцінювання запропонованої методики, результати якого засвідчили підвищення ефективності використання спектра на 25 % і стійкість до завад до рівня $SNR = -5$ дБ.

Запропоновано рекомендації щодо використання моделі на основі різних типів SDR-платформ, що забезпечує гнучкість і адаптивність системи у військових і цивільних умовах.

У третьому розділі наведено результати розроблення інтелектуального методу багатопозиційної локалізації джерел радіосигналів з використанням нейронних мереж. Проведено комплексний аналіз сучасної радіоелектронної обстановки та визначено зростаючу потребу у високоточному визначенні координат джерел сигналів у короткохвильовому діапазоні.

Розвинено способи використання програмно-визначуваних радіосистем і алгоритмів штучного інтелекту для створення адаптивних багатопозиційних систем, здатних працювати в умовах активної цілеспрямованої протидії.

Запропоновано гібридну архітектуру, що поєднує нейронні мережі, фільтрацію та просторово-часовий аналіз сигналів.

Показано, що впровадження такого підходу дозволяє збільшити точність локалізації джерел сигналів на 25–30 % та підвищити стійкість системи до міжчастотних завад.

У четвертому розділі подано обґрунтування щодо вдосконалення моніторингу та управління радіочастотним ресурсом з використанням отриманих у попередніх розділах результатів.

Визначено ключові компоненти інформаційної технології: збір і передавання даних про радіоелектронну обстановку, аналітичне оброблення сигналів нейромережевими алгоритмами та динамічне керування частотним ресурсом.

Описано вдосконалену логіку функціонування системи, яка забезпечує зменшення часу реакції, підвищення достовірності аналізу та автоматизоване прийняття рішень. Показано, що впровадження запропонованої технології дозволяє здійснювати управління розподілом спектра в режимі реального часу та підвищити ефективність використання частотних ресурсів усіх видів зв'язку, що застосовуються в Україні.

Дисертаційна робота оформлена у повній відповідності до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 14 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статей у наукових фахових виданнях України, та 9 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях. Порухень принципів академічної доброчесності у публікаціях не виявлено, що свідчить про належну апробацію результатів.

Таким чином, наукові результат описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У першому розділі дисертації доцільно було б приділити більше уваги науково-технічній літературі, присвяченій комплексним дослідженням з проблем радіомоніторингу, а також новітнім і нетиповим радіотехнологіям.

2. У дисертаційній роботі під час розкриття концепції обробки сигналів бажано було б ширше провести порівняння ефективності функціонування систем когнітивного радіо та традиційних радіосистем.

3. У другому розділі (рис. 2.9 «Використання SDR у радіомоніторингу») та у третьому розділі (рис. 3.1 «Цикл когнітивної обробки інформації») наведені рисунки мають низьку читабельність та подані англійською мовою, тоді як інші ілюстрації — українською.

4. У третьому розділі дисертації наведено опис: «Когнітивне радіо — це інтелектуальна система бездротового зв'язку, яка оцінює навколишнє середовище та адаптує свій внутрішній стан...». Які саме завдання система вирішує в режимі реального часу?

5. У дисертаційному дослідженні розглянуто математичну модель управління спектром. Бажано конкретизувати, на чому саме базується загальна структура цієї моделі.

Висловлені зауваження не є принциповими, мають дискусійний характер і не зменшують загальну наукову та практичну цінність отриманих результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота Дзюби Володимира Андрійовича на тему «Інформаційна технологія моніторингу мереж радіозв'язку» є завершеним комплексним науковим дослідженням, виконаним на високому професійному рівні та відповідає сучасним вимогам академічної доброчесності. У роботі обґрунтовано наукові підходи до розробки інноваційної інформаційної системи для екологічного моніторингу морських територій, яка інтегрує супутникові технології, геоінформаційний аналіз, штучний інтелект та безпілотні авіаційні платформи.

Комплекс теоретичних напрацювань та практичних реалізацій, зокрема розроблені моделі, алгоритми, програмні модулі та архітектура інтегрованої системи моніторингу, забезпечує ефективне вирішення актуального науково-прикладного завдання, що має значний внесок у розвиток галузі інформаційних технологій, охорону довкілля та підвищення екологічної безпеки. Отримані результати мають як наукову новизну, так і високу практичну значущість, а сама робота відповідає критеріям, необхідним для присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Дзюба Володимир Андрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Рецензент:

Старший науковий співробітник
Інституту телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАНУ,
кандидат технічних наук

 Владислав ВАСИЛЕНКО

Власноручний підпис кандидата технічних наук, Владислава Василенка
завіряю:

Начальник відділу кадрів
М.П.


2025 року

Олена РАДЧУК

