

ВІДГУК

офіційного опонента 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.

У сучасних умовах радіочастотний спектр є обмеженим і високоцінним ресурсом, доступ до якого визначає рівень технологічного розвитку держави та її обороноздатність. Модернізація радіомереж, поява нових стандартів передачі інформації, активне використання мобільних та розподілених систем зв'язку призвели до суттєвого ускладнення параметрів радіосигналів та механізмів їх оброблення. Функціонування таких мереж супроводжується значною динамічністю спектра, непередбачуваністю зовнішніх і внутрішніх впливів та зростанням рівня навмисного радіоелектронного втручання.

Дисертаційна робота Дзюби Володимира Андрійовича спрямована на розв'язання важливої наукової проблеми, що полягає у розробленні сучасної інформаційної технології моніторингу мереж радіозв'язку на основі поєднання алгоритмів штучного інтелекту, глибоких нейронних мереж, адаптивних методів фільтрації та платформ програмно-визначеного радіо. Запропонований підхід забезпечує підвищення точності, швидкодії та стійкості аналізу спектра в умовах високої динаміки та складної радіоелектронної обстановки.

Сучасні радіомережі характеризуються використанням широкосмугових сигналів, складних методів модуляції, частотних перестрибувань, фазових адаптивних схем, що унеможливорює ефективний аналіз сигналів традиційними методами. У цих умовах виникає необхідність у застосуванні інтелектуальних технологій, здатних до самонавчання, адаптації та автоматизованої обробки великих масивів радіоданих. Платформи SDR створили нову парадигму формування систем радіомоніторингу, однак ефективність їх застосування безпосередньо залежить від побудови відповідних інформаційних моделей, алгоритмів адаптивного керування, методів автоматичної класифікації та локалізації джерел випромінювання. Використання нейронних мереж та алгоритмів штучного інтелекту забезпечує можливість формування когнітивних систем, які здатні здійснювати аналіз сигналів у реальному часі, прогнозувати спектральні зміни, оцінювати надійність каналів і приймати рішення при відсутності повних вихідних даних. Усе це визначає актуальність розроблення комплексної інформаційної технології моніторингу радіомереж, здатної забезпечити підвищення ефективності технічного контролю та оптимізоване

використання спектру як у мирних, так і в надзвичайних умовах. Таким чином, тема дисертаційної роботи є актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає у розробці комплексного науково-методичного апарату, спрямованого на вирішення поставленої задачі. Зокрема:

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 порогоування і злиття даних.

4. *Удосконалено* методику динамічного управління спектром на основі Q-навчання: введено моделі функції корисності з вагами для пропускної 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 РЕО 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.

Достовірність наукових результатів забезпечується коректним застосуванням методів системного аналізу, математичного програмування, теорії нечітких множин, математичного моделювання та експериментальних досліджень. Результати моделювання узгоджуються з теоретичними

положеннями та підтверджені практичною апробацією. 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 Стандарту вищої освіти зі спеціальності 12 Інформаційні технології та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми 122 Комп'ютерні науки.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у інженерно-технологічний науковий напрям.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Дзюби В.А. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал викладено логічно, послідовно та з використанням загальноприйнятої наукової термінології. Робота добре структурована, що полегшує її сприйняття.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 188 сторінок.

У вступі автор обґрунтовує актуальність обраної теми, спираючись на аналіз сучасних військових конфліктів. Чітко визначено мету, об'єкт, предмет та завдання дослідження, а також сформульовано положення наукової новизни та практичного значення, які виносяться на захист.

Перший розділ присвячено інтеграції технологій штучного інтелекту у процеси автоматичного дешифрування та класифікації радіосигналів. Розроблено експериментальний модуль навчання згорткових нейронних мереж (CNN) на синтетичних даних, що дозволив досягти точності класифікації понад 95 % у діапазоні 30 МГц – 6 ГГц. Запропоновано архітектуру системи первинного аналізу спектра, що поєднує SDR-модулі, блоки передоброблення сигналів, базу телеметрії та нейронний класифікатор, який здатен виявляти та ідентифікувати понад 15 типів випромінювань у реальному часі.

У другому розділі запропоновано математичну модель когнітивного управління спектром, що базується на теорії адаптивного навчання (Q-learning) та дозволяє системі самостійно вибирати оптимальні частотні діапазони для моніторингу. Модель описано у вигляді ітераційного процесу прийняття рішень із використанням функцій належності, що формалізують невизначеність радіоелектронних параметрів середовища.

Третій розділ розроблено гібридну архітектуру локалізації, що поєднує SDR-вимірювання, адаптивну фільтрацію сигналів (Extended Kalman Filter), алгоритми компенсації фазових зсувів та глибокі нейронні мережі типу ResNet для виділення спектрально-часових ознак сигналів. Результати моделювання засвідчили, що точність локалізації джерел радіовипромінювання становить 300–500 метрів навіть за умов іоносферних варіацій, мультипасу чи активної протидії. Запропонований підхід може бути застосований для моніторингу цивільних і військових систем зв'язку, а також для оцінки стану радіоелектронного середовища в умовах інформаційної боротьби.

У четвертому розділі створено тришарову архітектуру, що включає сенсорний рівень збору даних SDR-приймачами, аналітичний рівень із нейромережевими алгоритмами оброблення спектрограм і рівень когнітивного управління частотними діапазонами. Реалізовано механізми масштабування, відмовостійкості та кіберзахисту системи, розроблено методи контролю фазової синхронізації, верифікації телеметрії, процедури самотестування і калібрування обладнання. Практичне впровадження розробленої технології забезпечує підвищення ефективності управління радіочастотним ресурсом, зменшення часу прийняття рішень і зміцнення інформаційної стійкості мереж зв'язку у військовій і цивільній сферах.

Дисертаційна робота оформлена відповідно 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 них: 5 статей у наукових фахових виданнях України, та 9 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських конференціях. Порушень принципів академічної доброчесності у публікаціях не виявлено.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Поряд із позитивною оцінкою роботи, слід відзначити декілька дискусійних положень та зауважень:

1.У першому розділі доцільно було б ширше розкрити питання застосування інноваційних радіотехнологій, побудованих на складних типах сигналів, зокрема їхніх переваг та потенційних сфер використання.

2.У роботі використовуються актуальні на сьогодні підходи, пов'язані з нейронними мережами. Разом із тим бажано було б детальніше розглянути перспективні напрями застосування згорткових нейронних мереж (CNN), зокрема моделей із геометричною інваріантністю, що є важливими для задач обробки радіосигналів.

3.У роботі приділено значну увагу архітектурі сучасних систем радіомоніторингу, проте, на думку опонента, доцільно було б ширше проаналізувати можливості масштабування системи радіомоніторингу — від локальних установок (наприклад, мобільного поста) до національної мережі радіомоніторингу.

4.В п.2.3 доречно було б побудувати математичну модель та систему обмежень. Критерії оптимізації слід розписати більш детально з відповідними математичними формулюваннями.

5.У третьому розділі, де наведено результати моделювання, варто було б розширити опис застосованих методів оптимізації, спрямованих на покращення стабільності зв'язку та зменшення впливу перешкод.

6.У тексті дисертації наявні поодинокі стилістичні неточності та друкарські помилки.

Висловлені зауваження не є принциповими, мають дискусійний характер і не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота Дзюби Володимира Андрійовича «Інформаційна технологія моніторингу мереж радіозв'язку» є фундаментальним, цілісним та логічно завершеним дослідженням. У роботі представлено комплексне вирішення актуальної науково-практичної задачі — підвищення оперативності та обґрунтованості розподілу обмежених ресурсів радіомоніторингу в системах супутникового зв'язку в умовах апіорної невизначеності. Виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для інформаційних технологій. 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.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри технологій цифрового розвитку

Навчально-наукового інституту інформаційних технологій

Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій

доктор технічних наук,

професор



Вікторія ЖЕБКА

« 26 » листопада 2025 року

Підпис Б. Мідки

ЗАСВІДЧУЮ

Учений секретар

Державного університету

інформаційно-комунікаційних технологій


