

РЕЦЕНЗІЯ
на дисертаційну роботу

БЕРШОВА В'ячеслава Султанбековича
«МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ АНСАМБЛІВ СКЛАДНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ БЕЗПРОВОДОВИХ КОГНІТИВНИХ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії,
галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»,
спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Сучасні безпроводові когнітивні телекомунікаційні мережі відіграють важливу роль у забезпеченні ефективного використання радіочастотного спектру, який є обмеженим ресурсом. Зі зростанням навантаження на телекомунікаційну інфраструктуру виникає потреба в адаптивних методах обробки сигналів, здатних підтримувати високу якість зв'язку навіть в умовах значного рівня завад та динамічних змін у середовищі передачі.

Одним із головних завдань в цій сфері є розробка методів формування та обробки ансамблів складних сигналів, які забезпечують високу завадостійкість без надмірного збільшення обчислювальних витрат. Подане на рецензування дисертаційне дослідження має як теоретичне, так і практичне значення, оскільки сприяє розвитку новітніх технологій передачі даних.

Аналіз дисертаційної роботи Бершова В. С. показує, що сформульовані і розв'язані здобувачем наукові задачі розвитку когнітивних телекомунікаційних технологій дозволили отримати новий ефективний результат у вигляді створення і впровадження інтегральних адаптивних підходів синтезу та обробки ансамблів складних сигналів.

Комплексне дослідження і використання методів декомпозиції складних сигналів, гібридних методів аналізу та перетворення, адаптивних алгоритмів та багатокритеріальної оптимізації, відповідає сучасному рівню розвитку науки і технологій в галузі когнітивних мереж. Запропоновані методи можуть бути базою для створення систем нового покоління, які відповідатимуть вимогам динамічного ринку телекомунікацій.

Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків.

Метою дисертаційної роботи є підвищення завадостійкості безпроводових когнітивних телекомунікаційних мереж шляхом розробки та

впровадження методів формування ансамблів складних сигналів на основі багаторівневого рекурентного часово-частотного сегментування. Запропоновані методи дозволяють підвищити ефективність обробки сигналів, знизити рівень інтерференції та адаптуватися до змінних умов радіочастотного середовища, що відповідає сучасним викликам у сфері когнітивних телекомунікацій. Дослідження узгоджується з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки, наведеними в «Переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок та середньострокових пріоритетних напрямків інноваційної діяльності загальнодержавного та галузевого рівнів», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України № 942 від 7 вересня 2011 року, зі змінами згідно з Постановою № 782 від 12 липня 2022 року.

Детальний аналіз змісту дисертації довів чітку відповідність поставлених часткових задач загальній меті дослідження. Робота містить комплексне теоретичне та практичне обґрунтування розроблених методів багаторівневого рекурентного сегментування, які забезпечують ефективне формування ансамблів складних сигналів для підвищення їх стійкості до завад. Проведено глибокий аналіз сучасних підходів до обробки сигналів у когнітивних телекомунікаційних системах, визначено їхні переваги та недоліки, що стало основою для обґрунтування запропонованих рішень.

Основна увага в дисертаційній роботі зосереджена на розробці адаптивних алгоритмів формування ансамблів складних сигналів, які дозволяють забезпечити оптимальний баланс між деталізацією аналізу сигналів та обчислювальними витратами. Впровадження багаторівневого рекурентного часово-частотного сегментування сприяє підвищенню завадостійкості безпроводових когнітивних мереж за рахунок оптимального розподілу спектральних та часових ресурсів.

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджується коректністю постановки задачі, відповідністю вихідних даних реальним умовам когнітивних радіомереж, а також проведенням широкого експериментального моделювання. Результати чисельних експериментів і порівняльного аналізу доводять ефективність запропонованих методів у порівнянні з традиційними підходами, що свідчить про високий рівень наукової обґрунтованості та практичної значущості проведеного дослідження.

3. Наукова новизна одержаних результатів.

В роботі представлені наступні нові наукові результати.

1) Удосконалено метод багаторівневого рекурентного часового сегментування інтервалів на основі часово-частотних перетворень та адаптивної фільтрації для підвищення ефективності аналізу та обробки сигналів, з метою

створення ансамблів сигналів на різних рівнях часової і частотної деталізації, для забезпечення високої точності і адаптивності в умовах динамічного когнітивного радіосередовища.

2) Удосконалено метод аналізу та обробки ансамблів складних сигналів на основі застосування специфічних перетворень та оптимізованих фільтрів на різних етапах методу багатоступеневого рекурентного часово-частотного сегментування з врахуванням умов зміни параметрів сигналу, наявності та інтенсивності завад, а також швидкозмінних характеристик когнітивного радіосередовища. Запропонований метод відрізняється від існуючих здатністю до адаптації і ефективного аналізу сигналів у складних умовах когнітивного радіо середовища, що забезпечує високий рівень завадостійкості інтелектуальної телекомунікаційної системи.

3) Вперше запропоновано метод формування ансамблів складних сигналів на основі багатомасштабної (мультискейлової) часової сегментної декомпозиції, який дозволяє створювати ансамблі сигналів на різних рівнях часової деталізації (макро, мезо і мікро-рівень), забезпечуючи кращу адаптивність, ефективність та завадостійкість порівняно з традиційними підходами, які використовують однорідні декомпозиції.

4. Практичне значення результатів дослідження.

Практичне значення запропонованих у дисертації результатів полягає в розробці методів, алгоритмів та програмних реалізацій для синтезу, аналізу та обробки ансамблів складних сигналів. Це дозволяє суттєво покращити ефективність використання частотного спектра, знизити рівень помилок прийому, зменшити вплив шумів і перешкод, а отже, підвищити завадостійкість когнітивних безпроводових мереж.

Адаптивна природа розроблених алгоритмів, зокрема методів багаторівневого рекурентного сегментування, забезпечує ефективну роботу в умовах динамічно змінного радіочастотного середовища та дозволяє застосовувати їх у пристроях з обмеженими енергетичними ресурсами. Це робить запропоновані рішення перспективними для впровадження у сучасні та майбутні телекомунікаційні системи.

Разом з тим, як і будь-які інші технічні інновації, запропоновані методи мають свої виклики. Зокрема, необхідність точного налаштування параметрів фільтрації та сегментації може ускладнювати їх інтеграцію в реальні системи. Однак ці труднощі значною мірою нівелюються завдяки можливості автоматизації процесів налаштування за допомогою адаптивних алгоритмів.

Таким чином, розроблені методи формування ансамблів складних сигналів мають як науковий внесок так і вагомое практичне значення для

забезпечення стабільності, гнучкості та ефективності когнітивних телекомунікаційних мереж, сприяють вирішенню актуальних проблем індустрії та відкривають нові можливості у дослідженні і впровадженні технологій адаптивної обробки сигналів.

Розроблені методи та алгоритми реалізації впроваджені та пройшли дослідницьке випробування в діяльності військової частини А 7223, а саме – застосування програмної реалізації методу формування ансамблів складних сигналів з використанням трирівневої багатомасштабної декомпозиції для підвищення якості роботи систем транкінгового радіозв'язку. Також отримані напрацювання були впроваджені при викладанні дисципліни «Теорія електричного зв'язку» для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» і можуть бути використані при підготовці фахівців галузі телекомунікацій.

У додатку до дисертаційної роботи включені документи, які підтверджують фактичне використання науково-практичних результатів дослідження.

5. Повнота викладення основних положень дисертації в опублікованих працях.

Основні результати та положення дослідження були опубліковані у 10 наукових працях, серед яких 3 статті у фахових виданнях, 1 у виданні Web of Science, 1 стаття у міжнародному виданні та 5 тез доповідей на наукових конференціях різного рівня. Особистий внесок здобувача, що включає розробку нових методів, алгоритмів та технічних рішень, повною мірою відображений в публікаціях та вказаний у вступі роботи. Рівень апробації наукових результатів відповідає вимогам, що висуваються МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

6. Оцінка змісту дисертації, її завершеності і відповідності встановленим вимогам.

Дисертація відповідає спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», має загальноприйнятну структуру, складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та має об'єм 191 сторінку, з них основного тексту – 168 сторінки. Список використаних джерел містить 128 найменувань, що свідчить про повноту аналізу літературних джерел.

У вступі визначено актуальність дослідження щодо підвищення ефективності когнітивних безпроводових телекомунікаційних систем шляхом

розробки методів формування ансамблів складних сигналів. Визначено наукову новизну, практичну цінність та особистий внесок автора.

В першому розділі проведений аналіз і оцінка проблем розробки безпроводових інтелектуальних радіосистем, пов'язаних з розподілом спектрального навантаження, та розглянуто сучасні методи оптимізації і рекурентного сегментування ансамблів складних сигналів.

У другому розділі запропонований метод багаторівневого рекурентного сегментування, розроблений адаптивний алгоритм його реалізації та ефективно застосування методів перетворення й фільтрації.

Третій розділ присвячений удосконаленню методу обробки ансамблів сигналів із використанням специфічних перетворень та оптимізованих фільтрів. Проведена експериментальна оцінка його ефективності.

Четвертий розділ містить обґрунтування методу багатомасштабної часової декомпозиції, алгоритм формування ансамблів сигналів та умови його застосування в безпроводових мережах.

У висновках наведено основні результати дисертаційної роботи, які вирішують актуальну наукову проблему та розв'язують поставлені в роботі задачі.

Зміст дисертації, її публікації та висновки свідчать, що поставлене завдання виконано в повному обсязі. Матеріали чітко відповідають темі дослідження та послідовно відображають вирішення часткових завдань. Усі математичні висновки викладено у загальноприйнятій формі з використанням стандартної термінології. Результати апробації та верифікації запропонованих методів дозволяють об'єктивно оцінити придатність технічних рішень до практичного застосування.

Послідовність викладу, структура матеріалу, а також наукові положення і висновки відповідають вимогам до дисертаційних робіт визначеним наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017р «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

7. Дані про відсутність текстових запозичень та порушення академічної доброчесності.

Викладення матеріалів, положень і висновків в роботі та публікаціях подано згідно встановленим нормам та вимогам, доступним і зрозумілим стилем з посиланнями на використані джерела.

Перевірка дисертації та наукових публікацій не виявила ознак плагіату, самоплагіату, фабрикавання, фальсифікування даних чи будь яких інших порушень принципів академічної доброчесності.

8. Зауваження до дисертації.

1. У розділі 2 (стор. 82–95) запропонований метод багаторівневого рекурентного часово-частотного сегментування ансамблів складних сигналів, однак не розглянуто потенційний ризик зростання кореляції між сегментами при масштабному застосуванні цього підходу. Відповідно, відсутні механізми контролю та корекції цього явища, що може впливати на ефективність формування ансамблів сигналів та їх завадостійкість.

2. У розділі 3 (стор. 95–136) запропонований метод аналізу та обробки ансамблів складних сигналів на основі специфічних перетворень та оптимізованих фільтрів. Враховуючи очевидне ускладнення алгоритму, постає питання стійкості до помилок та мінімізації втрат пакетів у великих системах керування безпроводовими мережами та застосування механізмів компенсації та корекції для зниження впливу цих факторів.

3. В дисертації недостатньо розглянуто питання балансу між ефективністю фільтрації шумів та збереженням чутливості до слабких сигналів. Це потребує врахування додаткових параметрів для оптимальної роботи алгоритму в малошумних середовищах, щоб уникнути надмірного згладжування та втрати важливих деталей сигналу.

4. У дисертаційній роботі не чітко представлений детальний аналіз потенційних обмежень запропонованих методів та алгоритмів, що могло б сприяти глибшому розумінню їх практичного застосування. Не очевидно, які фактори можуть обмежувати ефективність цих підходів у реальних умовах, і які шляхи мінімізації цих обмежень можуть бути запропоновані.

Усі зазначені зауваження суттєво не знижують високої оцінки виконаних досліджень загалом та не впливають на якість та цінність дисертаційної роботи В.С. Бершова.

9. Загальний висновок.

Дисертаційна робота БЕРШОВА В'ячеслава Султанбековича «Методи формування ансамблів складних сигналів для підвищення завадостійкості безпроводових когнітивних телекомунікаційних мереж» є повністю завершеною, оригінальною науковою працею, яка успішно вирішує актуальну науково-практичну проблему, пов'язану з удосконаленням методів обробки та формування сигналів у когнітивних телекомунікаційних мережах. В роботі представлено нові, науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати та пропозиції, що відображають особистий науковий внесок автора в цю галузь та викладені у відповідних публікаціях.

Дисертаційна робота відповідає спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» та вимогам, визначеним наказом Міністерства освіти і науки

України № 40 від 12.01.2017р «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та положенню «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затверженому Кабінетом Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 502 від 19.05.2023р.) та рекомендується до захисту, а її автор, БЕРШОВ В'ячеслав Султанбекович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Рецензент:

доцент кафедри транспортного зв'язку
канд. техн. наук, доцент



Андрій ЄЛІЗАРЕНКО

« 18 » 03

Підпис засвідчую:

Особистий підпис
засвідчую 18 03 2025 р
Завідуючий канцелярією
УкрДУЗТ

Євгенія ЧЕРНІШЕНКО

