

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Туленка Ігоря Михайловича
«Методи керування процесами формування та оптимізації ансамблів складних
сигналів в телекомунікаційних системах»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії,
спеціальність 172 – Електронні комунікації та радіотехніка,
галузь знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Актуальність теми дисертаційної роботи

Актуальність теми дисертаційної роботи Туленка І.М. обумовлена сучасними тенденціями розвитку телекомунікаційних систем, для яких характерними є зростання щільності використання радіочастотного ресурсу, збільшення кількості одночасно працюючих абонентів, ускладнення завадової обстановки та підвищення вимог до надійності передавання інформації.

За таких умов особливого значення набувають задачі формування ансамблів складних сигналів з заданими кореляційними характеристиками, оскільки саме вони визначають можливості ефективного розділення сигналів, зниження рівня взаємних завад, підвищення завадостійкості та раціонального використання доступного спектрального ресурсу. Водночас існуючі підходи не завжди забезпечують необхідний баланс між обсягом сигнального ансамблю, його структурною впорядкованістю та кореляційними властивостями.

У зв'язку з цим дисертаційне дослідження є актуальним, оскільки спрямоване на вирішення науково-технічної проблеми забезпечення необхідних кореляційних і структурних властивостей ансамблів складних сигналів, від яких значною мірою залежать завадостійкість, спектральна ефективність та надійність функціонування сучасних телекомунікаційних систем.

Оцінка наукового рівня дисертації.

Представлене дисертаційне дослідження відзначається належним науковим рівнем, комплексністю постановки та вирішення поставлених задач. У роботі розроблено та обґрунтовано взаємопов'язані методи формування, ентропійного оцінювання та багатокритеріальної оптимізації ансамблів складних сигналів, що дозволяє комплексно розглядати проблему забезпечення заданих кореляційних і структурних характеристик сигналів в умовах складного завадового середовища.

Позитивною рисою дисертації є послідовний перехід від аналізу існуючих підходів до розроблення нових методів, математичних моделей, алгоритмів та їх програмної реалізації. Всі отримані наукові результати підтверджені експериментами та мають практичну спрямованість щодо підвищення ефективності функціонування сучасних систем радіозв'язку.

Дисертаційна робота відповідає вимогам до наукових досліджень за рівнем постановки задач, опрацювання теоретичних положень, ступенем обґрунтованості отриманих результатів та їх практичною значущістю.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими та логічно пов'язаними з поставленою метою та завданнями дослідження, а саме.

1. Обґрунтованість отриманих результатів забезпечується використанням методів кореляційного аналізу, теорії інформації, математичного та імітаційного моделювання, а також методів багатокритеріальної оптимізації, які відповідають характеру досліджуваних в дисертації процесів.

2. Запропоновані методи формування, ентропійного оцінювання та оптимізації ансамблів складних сигналів є взаємопов'язаними та послідовно розвивають результати попередніх етапів дослідження, що підтверджує логічність побудови дисертаційної роботи.

3. Достовірність результатів підтверджується результатами експериментального моделювання, проведеного для різних параметрів ансамблів сигналів та умов завадового середовища.

4. Висновки дисертаційної роботи ґрунтуються на результатах проведених досліджень, узагальнюють отримані результати та узгоджуються з відомими положеннями теорії телекомунікацій та обробки сигналів.

Таким чином, наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, є обґрунтованими, достовірними та мають практичну цінність.

Наукова новизна дисертаційного полягає в отриманні наступних результатів.

1. Удосконалено метод формування ансамблів складних сигналів шляхом використання параметризованих структурних перетворень часових сегментів, що дозволяє збільшити обсяг сигнального ансамблю та забезпечити необхідний рівень кореляційних властивостей сформованих сигналів.

2. Удосконалено ентропійний метод оцінювання структурної впорядкованості ансамблів складних сигналів на основі інтегрального критерію, який дозволяє узгоджено враховувати структурні та кореляційні властивості сигнальних ансамблів і визначати раціональні параметри їх часової організації в умовах завадового впливу.

3. Удосконалено метод багатокритеріальної оптимізації ансамблів складних сигналів на основі модифікованого еволюційного алгоритму, в якому додатково враховуються ентропійні характеристики структури сигналів, що дозволяє формувати більш збалансовані конфігурації сигнальних ансамблів за сукупністю кореляційних, енергетичних та структурних показників.

Отримані наукові результати є авторськими, обґрунтованими та мають практичне значення для розвитку сучасних телекомунікаційних систем.

Практичні результати дисертаційного дослідження.

Практичні результати дисертаційного дослідження полягають у створенні алгоритмів, моделей та програмних реалізацій для формування, ентропійного оцінювання та багатокритеріальної оптимізації ансамблів складних сигналів у телекомунікаційних системах.

У роботі запропоновано алгоритмічне забезпечення формування ансамблів сигналів у часовій області на основі параметризованих перестановок часових інтервалів, що дозволяє формувати ансамблі великого обсягу з заданими кореляційними характеристиками та зменшувати взаємні завади між сигналами. Розроблені методи можуть бути використані при проектуванні систем множинного доступу, безпроводових мереж та спеціалізованих систем радіозв'язку.

Практичну цінність становлять також програмні реалізації ентропійного методу оцінювання структурної впорядкованості ансамблів сигналів та механізму вибору параметрів їх часової організації. Запропоновані рішення забезпечують оцінювання структурної стійкості сигналів в умовах завад і можуть використовуватися під час моделювання, аналізу та налаштування сигнально-кодових конструкцій.

Важливим практичним результатом є розроблення алгоритмів багатокритеріальної оптимізації сигнальних ансамблів на основі еволюційного підходу, які дозволяють узгоджувати кореляційні, енергетичні та структурні характеристики сигналів. Запропоновані алгоритми можуть бути використані для підвищення ефективності функціонування сучасних телекомунікаційних систем в умовах дефіциту частотного ресурсу та складного середовища.

Мова і стиль дисертації.

Текст дисертації викладено у логічній послідовності відповідно до поставленої мети та завдань дослідження. Структура роботи забезпечує послідовний перехід від аналізу сучасного стану проблеми до розроблення нових методів, алгоритмів та оцінювання отриманих результатів. Матеріал подано зрозуміло, з дотриманням взаємозв'язку між теоретичними положеннями, математичними моделями та результатами моделювання.

У роботі використано сучасну науково-технічну термінологію у галузі телекомунікаційних систем та теорії сигналів. Формулювання наукових положень, висновків і практичних результатів є коректними, аргументованими та узгодженими з наведеними результатами досліджень. Подані математичні залежності, таблиці та рисунки сприяють належному сприйняттю матеріалу та підтверджують обґрунтованість отриманих результатів.

Стиль викладення відповідає вимогам до кваліфікаційних наукових праць технічного спрямування. Текст характеризується науковою обґрунтованістю, чіткістю викладення та належним рівнем узагальнення результатів. У цілому дисертаційна робота справляє цілісне враження завершеного наукового дослідження, а її мова та стиль забезпечують повне розкриття змісту виконаної роботи та отриманих наукових результатів.

Оцінка змісту, структури та об'єму дисертації, її завершеності та відповідності встановленим вимогам.

Дисертаційна робота має логічну та завершену структуру, яка відповідає меті, завданням та предмету дослідження. Робота складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

Загальний обсяг дисертації становить 162 сторінки. Робота містить 23 таблиці, 33 рисунки, список використаних джерел з 136 найменувань та 5 додатків. Наведений ілюстративний матеріал є достатнім для підтвердження отриманих результатів, а додатки доповнюють основний зміст роботи.

Зміст розділів є взаємопов'язаним і послідовно відображає процес вирішення поставлених завдань.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі виконано аналіз сучасних методів формування ансамблів складних сигналів, підходів до часової сегментації та оцінювання їх

кореляційних характеристик, а також обґрунтовано необхідність розроблення нових методів керування процесами формування сигнальних ансамблів.

У другому розділі розроблено метод формування ансамблів складних сигналів у часовій області на основі параметризованої перестановки часових інтервалів та досліджено його вплив на кореляційні властивості сигналів.

У третьому розділі запропоновано ентропійно-орієнтований метод оцінювання структурної впорядкованості ансамблів складних сигналів та досліджено його ефективність в умовах завадового середовища.

У четвертому розділі розроблено метод багатокритеріальної оптимізації ансамблів складних сигналів на основі еволюційного підходу та проведено його експериментальну верифікацію.

У висновках узагальнено основні результати дисертаційного дослідження та наведено рекомендації щодо їх практичного застосування.

Послідовність викладення матеріалу, логічність структури, рівень отриманих результатів та оформлення дисертації відповідають вимогам, встановленим нормативними документами Міністерства освіти і науки України щодо дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Повнота викладення основних результатів дослідження та дотримання академічної доброчесності

Основні результати та наукові положення дисертаційної роботи достатньо висвітлені у 10 наукових публікаціях, з яких: 1 стаття опублікована у науковому виданні, індексованому в міжнародній наукометричній базі Scopus, 4 статті – у фахових наукових виданнях України, а 5 публікацій представлені у матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій. Всі опубліковані праці охоплюють основні етапи дослідження, відповідають змісту та структурі дисертаційної роботи і забезпечують належний рівень апробації отриманих результатів.

Зміст наукових публікацій узгоджується з основними положеннями дисертації та відображає її наукову новизну, запропоновані методи та результати проведених досліджень. Особистий внесок здобувача у спільних публікаціях визначено коректно та достатньо повно. Анотація дисертації відповідає її змісту, відображає основні результати дослідження та не містить положень, які не розкриті в основному тексті роботи.

Порушень принципів академічної доброчесності у дисертаційній роботі та пов'язаних із нею публікаціях не виявлено. Ознак академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації чи фальсифікації наукових результатів не встановлено. Використання наукових джерел здійснено з належними посиланнями, а отримані

результати мають характер самостійного наукового дослідження. Повнота оприлюднення результатів дисертації та їх апробація відповідають вимогам, встановленим для дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації

В цілому позитивно оцінюючи дисертаційну роботу та обґрунтованість її наукових і практичних результатів, доцільно висловити окремі зауваження та побажання дискусійного характеру.

1. У другому розділі представлено метод формування ансамблів складних сигналів на основі параметризованих перестановок часових інтервалів. Разом з тим потребує додаткового обґрунтування вибір параметрів сегментації для сигналів різної структури та тривалості, оскільки зміна цих параметрів може впливати як на кореляційні характеристики сигналів, так і на кількість допустимих реалізацій у сформованому ансамблі.

2. У третьому розділі для оцінювання структурної впорядкованості ансамблів сигналів використано інтегральний ентропійний критерій, що поєднує декілька ентропійних показників. Разом з тим потребує додаткового обґрунтування питання чутливості отриманих результатів до процедури нормування та вибору вагових коефіцієнтів окремих складових критерію, оскільки саме вони визначають внесок кожного показника в інтегральну оцінку.

3. Експериментальна перевірка запропонованих методів виконана переважно для умов адитивного шуму та різних значень відношення сигнал/шум. Водночас у роботі недостатньо висвітлено питання їх ефективності в умовах більш складних завадових впливів, зокрема імпульсних, вузькосмугових та нестационарних завад.

4. У четвертому розділі наведено результати багатокритеріальної оптимізації ансамблів складних сигналів, проте питання залежності обчислювальної складності запропонованого підходу від обсягу ансамблю та кількості критеріїв оптимізації висвітлено недостатньо детально.

Наведені зауваження мають рекомендаційний та дискусійний характер, не знижують наукової цінності дисертаційної роботи та не впливають на загальну позитивну оцінку отриманих результатів.

Загальний висновок та оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Туленка Ігоря Михайловича на тему «Методи керування процесами формування та оптимізації ансамблів складних сигналів в телекомунікаційних системах» є завершеною науковою працею, присвяченою

актуальній проблемі підвищення завадостійкості телекомунікаційних систем та забезпечення заданих кореляційних властивостей ансамблів складних сигналів. Робота містить самостійно отримані наукові результати, що мають теоретичне та практичне значення для підвищення ефективності функціонування сучасних систем радіозв'язку.

Основним результатом виконаних досліджень є розробка методів формування, ентропійного оцінювання та багатокритеріальної оптимізації ансамблів складних сигналів в умовах складного заводового середовища.

Таким чином, дисертаційна робота Туленка Ігоря Михайловича на тему «Методи керування процесами формування та оптимізації ансамблів складних сигналів в телекомунікаційних системах», відповідає спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», та вимогам Постанови № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженої Кабінетом Міністрів України від 12 січня 2022 р (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ № 502 від 19.05.2023р.). Автор роботи, Туленко І. М. заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 – Електронні комунікації та радіотехніка.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри
технічного захисту інформації
Національного університету
«Київський авіаційний інститут»
доктор технічних наук, професор

Валерій КОЗЛОВСЬКИЙ

«__»_____2026 р.