

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Власенка Дмитра Сергійовича

на тему «Оптимізація вторинного просторово-часового оброблення сигналів в аерокосмічних когнітивних радарях радіобачення»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації,
за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

Актуальність теми дисертації.

В сучасних аерокосмічних радарях радіобачення існує суперечність між шириною смуги огляду і високою азимутальною роздільною здатністю. Розширення зони огляду радара з синтезом апертури за дальністю вимагає зниження частоти повторення імпульсів, що призводить до неоднозначності вимірювань за азимутом. З іншого боку, для створення єдиної, безперервної та довгої апертури вздовж траєкторії польоту літального апарату необхідно збільшувати частоту повторення імпульсів, що призводить до неоднозначності вимірювань за дальністю.

Для вирішення цього протиріччя в дисертаційному дослідженні Власенка Д. С. пропонується використовувати концепцію так званих когнітивних радарів, що передбачають адаптивне налаштування передавача, приймача і фазованої антенної решітки, використання апріорної інформації про область спостереження, та наявність зворотного зв'язку. Однак, більшість таких радарів створені на основі евристичних методів, які є узагальненням практичного досвіду побудови і використання радарів з синтезом апертури. Це призводить до того, що їх повний потенціал залишається нерозкритим. До того ж, не було запропоновано цілісної статистичної теорії синтезу радіосистем, яка б описувала алгоритми адаптивного налаштування генераторів опорних сигналів і приймальних трактів. Тому задача статистичного синтезу оптимальних методів вторинного просторово-часового оброблення сигналів в аерокосмічних когнітивних радарях формування радіозображень поверхонь з високою якістю, яка вирішується у дисертаційній роботі, є актуальною та має наукову новизну.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

При виконанні дослідження здобувач використав підхід, заснований на поєднанні статистичної теорії синтезу оптимальних методів оброблення сигналів у радіосистемах та теорії нелінійної фільтрації і вторинної обробки

сигналів. Достовірність отриманих результатів підтверджена шляхом комп'ютерного імітаційного моделювання.

Також достовірність низки отриманих результатів була підтверджена в межах науково-дослідної роботи «Основи теорії проектування аерокосмічних когнітивних радарів з оптимальною просторово-часовою обробкою сигналів, розширеною зоною огляду і високою просторовою роздільною здатністю», (№ДР 0120U102082, 2020-2022рр.), виконавцем якої був здобувач.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- отримала подальшого розвитку концепція побудови аерокосмічних когнітивних радарів формування радіолокаційних зображень поверхні, що, на відміну від існуючих, передбачає вирішення оптимізаційної задачі статистичного синтезу алгоритмів вторинного просторово-часового оброблення сигналів задля оптимального об'єднання в єдиній системі адаптивного багатоканального передавача, адаптивного багатоканального приймача, фазованої антенної решітки, динамічної бази даних про навколишнє середовище та інтелектуального процесору;

- вперше синтезовано оптимальний метод вторинного оброблення просторово-часових сигналів в аерокосмічних когнітивних радарях радіобачення підстильної поверхні. На відміну від існуючих операцій когерентного накопичення траєкторного сигналу та його узгодженої обробки в фільтрах, що враховують лише геометрію огляду поверхні та траєкторію руху носія, новий метод використовує апріорну інформацію про поточний стан навколишнього середовища та результати попередніх радіолокаційних спостережень поверхні Землі;

- вперше вирішена оптимізаційна задача синтезу цифрових алгоритмів фільтрації комплексного коефіцієнта розсіювання підстильної поверхні в бортових аерокосмічних когнітивних радарях радіобачення. Отримані нові оптимальні операції відповідають роботі розширеного фільтру Калмана та дозволяють практично реалізувати вторинне оброблення сигналів в аерокосмічних когнітивних радарях;

- удосконалено принципи побудови аерокосмічних радарів радіобачення підстильної поверхні, що реалізують синтезований метод вторинного оброблення просторово-часових сигналів, враховують всі необхідні складові когнітивного радара та дозволяють формувати високоякісні радіолокаційні зображення поверхні Землі.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання розроблення та дослідження методів вторинного просторово-часового оброблення сигналів в аерокосмічних когнітивних радарях радіобачення виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Власенко Д. С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка, та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Радіoeлектронні пристрої, системи та комплекси»

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям 17 Електроніка та телекомунікації.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Власенка Дмитра Сергійовича 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.

Текст рукопису дисертаційної роботи не містить ознак порушення принципів академічної доброчесності

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою з дотриманням наукового стилю та коректним використанням загальнонаукових і фахових термінів. Робота має логічну структуру, теоретичні та практичні положення у ній викладені послідовно, є повними та розкривають головні наукові ідеї автора.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації 143 сторінки.

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми, виконано загальний аналіз існуючих систем дистанційного зондування Землі з синтезованою апертурою антени та когнітивних систем, а також визначено їх недоліки. На основі проведеного аналізу сформульовано мету дослідження та окреслено окремі завдання, виконання яких дозволить досягти цієї мети. Також у розділі наведено елементи наукової новизни проведеного дослідження, зазначена науково-дослідна робота, в рамках якої воно виконувалося, та вказано особистий внесок здобувача.

У **першому** розділі розглянуто загальну концепцію когнітивних радарів та представлено приклад структурних компонентів когнітивних радарів з синтезованою апертурою (РСА). Описано різноманітні підходи та можливі реалізації окремих частин когнітивних радіолокаційних систем. Висвітлено переваги когнітивних РСА порівняно з класичними радарями з адаптивним приймачем. Підкреслено актуальність розвитку основ статистичної теорії для синтезу оптимальних методів вторинної просторово-часової обробки сигналів у бортових когнітивних РСА, які задовольняють двом суперечливим вимогам

радіолокаційного бачення: високій просторовій роздільній здатності та широкій смузі огляду.

У другому розділі були проаналізовані різні методи когнітивної обробки сигналів та приклади реалізації когнітивних радарів. Через відсутність єдиної теорії синтезу когнітивних радарів дистанційного зондування запропоновано використовувати математичний апарат нелінійної фільтрації в якості базового. Зокрема, наведено кілька прикладів можливих схем евристичної побудови когнітивних радарів з синтезованою апертурою з когерентною просторово-часовою обробкою. Взявши за основу гіпотези статистичного синтезу когнітивних радарів у вигляді систем нелінійної фільтрації, було сформовано оптимізаційну задачу, визначені моделі сигналів та статистичні характеристики шумів, вирішено оптимізаційну задачу та запропоновано структурну схему когнітивного радара оцінки когерентного зображення підстильних поверхонь.

У третьому розроблено дискретний алгоритм нелінійної фільтрації комплексного коефіцієнта віддзеркалення поверхні. Цей алгоритм включає адаптивне налаштування передавача, оптимальний дискримінатор, оптимальні фільтри та враховує похибки фільтрації. Отримані результати дозволяють сформулювати рекомендації щодо побудови когнітивних бортових радарів дистанційного зондування при аналого-цифровому перетворенні процесів, які підлягають спостереженню та обробці.

У четвертому розділі представлена структурна схема когнітивного радара аерокосмічного базування з оптимальною просторово-часовою обробкою сигналів. Описані всі необхідні операції, що виконуються в оптимальному дискримінаторі під час узгодженої фільтрації прийнятих антенною решіткою високочастотних коливань з одиничним сигналом. Визначено три етапи первинної обробки: просторова обробка в діаграмоформуючій схемі, внутрішньоімпульсна обробка сигналів за дальністю та траєкторна обробка цифрових сигналів за азимутом. Результат первинної обробки проходить фільтрацію в оптимальному розширеному фільтрі Калмана. Результати формування когерентних радіолокаційних зображень в класичних радарів з антенними решітками і в когнітивних PCA досліджені методами імітаційного моделювання в програмі MatLab. Сформовані радіозображення порівняні з вихідним тестовим радіолокаційним зображенням з використанням таких метрик як PSNR, BRISQUE, NIQE, PIQE, середньоквадратична похибка та індекс структурної подібності.

У висновках узагальнено результати, отримані автором у проведеному дисертаційному дослідженні. Також стислі висновки наведено після кожного розділу.

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 4 наукових публікаціях здобувача, у періодичних наукових виданнях, з яких 3 статі у виданнях проіндексованих у базі даних Scopus, віднесених до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank; у 2 патентах на винахід, що пройшли кваліфікаційну експертизу та безпосередньо стосуються наукових результатів дисертації. Також результати дисертації були апробовані на 6 наукових фахових конференціях. Здобувач доповідав на «IEEE Ukrainian Microwave Week» (2020 рік, Харків, Україна), «IEEE 3rd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing» (SAIC 2022) (2023 рік, Харків, Україна), «The 12th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies» (2022 рік, Афіни, Греція).

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У роботі наведений синтез оптимальної структури когнітивного радару проте математичний апарат, який застосовується для вирішення оптимізаційної задачі ґрунтується на відомих положеннях теорії нелінійної фільтрації, тому його доцільно було б скоротити або винести проміжні розрахунки у формі додатку.

2. У роботі зазначено, що запропонований алгоритм фільтрації комплексного коефіцієнта розсіювання підстильної поверхні дозволить практично реалізувати вторинне оброблення сигналів в аерокосмічних когнітивних радарях, проте не вказано в чому полягає складність його практичної реалізації та чи можливе використання інших методів для вирішення даного завдання.

3. У роботі приведені приклади реалізації когнітивних радарів та систем, проте відсутній порівняльний аналіз характеристик цих прикладів з результатами імітаційного моделювання здобувача.

4. У роботі для вирішення суперечності між шириною смуги огляду і високою азимутальною роздільною здатністю в радарі з синтезуванням апертури пропонується використання концепції когнітивних радарів. При цьому наведено детальний опис принципу роботи такого радару, але відсутнє однозначне визначення терміну «когнітивний радар».

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Власенка Дмитра Сергійовича на тему «Оптимізація вторинного просторово-часового оброблення сигналів в аерокосмічних когнітивних радарх радіобачення» 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 галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації. 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 Власенко Дмитро Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Офіційний опонент:

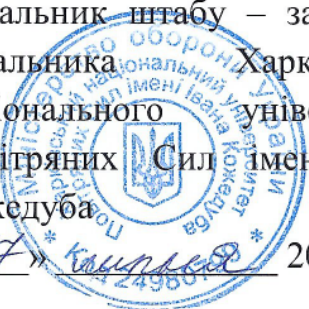
Заступник начальника
Харківського національного
університету Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба з наукової
роботи, Заслужений діяч науки
і техніки України, доктор
технічних наук, професор
« 17 » липень 2024 року



Костянтин ВАСЮТА

Підпис доктора технічних наук, професора Васюти К.С. засвідчую:

Начальник штабу – заступник
начальника Харківського
національного університету
Повітряних Сил імені Івана
Кожедуба
« 17 » липень 2024 року



Дмитро ГУР'ЄВ