

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Власенка Дмитра Сергійовича

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

Актуальність теми дисертації.

Радарні системи з синтезуванням апертури антени на сьогодні є основними інструментами при вирішенні задач дистанційного зондування Землі, адже дозволяють оперативно отримувати радіозображення високої роздільної здатності заданої місцевості не залежно від часу доби та поточних метеоумов. Водночас такі радары мають суттєвий недолік – протиріччя між шириною смуги огляду та високою азимутальною роздільною здатністю. Розширення зони огляду радару за допомогою синтезу апертури за дальністю вимагає зниження частоти повторення імпульсів, що призводить до неоднозначності вимірювань за азимутом. Водночас, для створення безперервної, однорідної та довгої апертури вздовж траєкторії польоту літального апарату необхідно збільшити частоту повторення імпульсів, що спричиняє неоднозначність вимірювань за дальністю.

У дисертаційній роботі Власенка Д.С. запропоновано вирішити дане протиріччя шляхом використання концепції когнітивних радарів. Ці радары передбачають адаптивне налаштування передавача, приймача та фазованої антенної решітки, використання попередньої інформації про область спостереження та наявність зворотного зв'язку. Проте принципи функціонування більшості таких радарів описані на основі евристичних методів, які є узагальненням практичного досвіду побудови та використання радарів з синтезом апертури. Крім того, відсутня цілісна статистична теорія синтезу радіосистем, яка б описувала алгоритми адаптивного налаштування генераторів опорних сигналів і приймачів.

Тому задача статистичного синтезу оптимальних методів вторинного просторово-часового оброблення сигналів в аерокосмічних когнітивних радарх для формування високоякісних радіозображень поверхонь, що вирішується в цьому дослідженні, є надзвичайно актуальною та має значну наукову новизну.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

У ході дослідження здобувач застосував підхід, який поєднує статистичну теорію синтезу оптимальних методів обробки сигналів у радіосистемах з теорією нелінійної фільтрації та вторинної обробки сигналів. Достовірність отриманих результатів була підтверджена за допомогою комп'ютерного імітаційного моделювання.

Водночас наукові дослідження виконувалися здобувачем на кафедрі аерокосмічних радіоелектронних систем Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» в рамках НДР «Основи теорії проектування аерокосмічних когнітивних радарів з оптимальною просторово-часовою обробкою сигналів, розширеною зоною огляду і високою просторовою роздільною здатністю», (№ДР 0120U102082, 2020-2022рр.).

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 апіорну 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 радару 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 радарх 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 Власенка Д. С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка».

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 літератури та одного додатку. Загальний обсяг дисертації 143 сторінки.

У **вступі** виконано обґрунтування актуальності обраної теми дослідження, виконано загальний аналіз існуючих систем дистанційного зондування Землі з синтезованою апертурою антени та когнітивних систем, а також визначено їхні недоліки, приведена мета дослідження та окреслені окремі завдання, виконання яких дозволить досягти цієї мети. У розділі також зазначені елементи наукової новизни та науково-дослідна робота, в рамках якої виконувалося дослідження.

Перший розділ роботи присвячений огляду концепції когнітивних радарів. В ньому наведені основні структурні елементи когнітивних радарів з

синтезованою апертурою (РСА). Розглянуті різні підходи та можливі реалізації окремих компонентів когнітивних радіолокаційних систем. Акцентовано увагу на необхідності розвитку основ статистичної теорії для створення оптимальних методів вторинної просторово-часової обробки сигналів у бортових когнітивних РСА.

У другому розділі проаналізовано різні методи когнітивної обробки сигналів та наведені приклади евристичної реалізації когнітивних радарів з синтезованою апертурою та когерентною просторово-часовою обробкою. У зв'язку з відсутністю єдиної теорії синтезу когнітивних радарів для дистанційного зондування запропоновано використовувати в якості базової математичної теорії апарат нелінійної фільтрації. Сформульовано оптимізаційну задачу, визначено моделі сигналів і статистичні характеристики шумів, а також вирішено поставлену оптимізаційну задачу. Як результат запропоновано структурну схему когнітивного радара для оцінки когерентного радіозображення підстильних поверхонь.

У третьому розділі синтезовано дискретний алгоритм нелінійної фільтрації комплексного коефіцієнта віддзеркалення поверхні, який охоплює адаптивне налаштування передавача, оптимальний дискримінатор, оптимальні фільтри і враховує похибки фільтрації. Отримані результати в подальшому використані для розробки рекомендацій щодо побудови когнітивних бортових радарів дистанційного зондування з аналого-цифровим перетворенням процесів.

У четвертому розділі описано структурну схему когнітивного радара аерокосмічного базування з оптимальною просторово-часовою обробкою сигналів. Описані операції, що виконуються в оптимальному дискримінаторі при узгодженій фільтрації прийнятих антенною решіткою високочастотних коливань з одиничним сигналом. Описані основні етапи первинної обробки, результат якої проходить фільтрацію в оптимальному розширеному фільтрі Калмана. Виконано імітаційне моделювання та порівняння отриманих когерентних радіолокаційних зображень у класичних радарях з антенними решітками та в когнітивних РСА.

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 3 наукових фахових конференціях. Здобувач доповідав на «IEEE Ukrainian Microwave Week» (UkrMW 2020), «IEEE 3rd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing» (SAIC 2022), «The 12th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies» (DESSERT 2022).

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У роботі пропонується використання динамічної бази даних, яка містить апріорну інформацію про підстильну поверхню для покращення якості нових радіозображень, проте відсутній детальний опис та структура такої бази даних і механізм запису та оновлення даних в ній.

2. У роботі пропонується реалізувати інтелектуальний процесор, який керує роботою когнітивного радару, на основі вбудованих систем реалізації алгоритмів штучного інтелекту та нейронних мереж, проте не конкретизуються особливості роботи даних алгоритмів та систем.

3. У роботі представлено синтез оптимальної структури когнітивного радару, однак математичний апарат, що використовується для вирішення оптимізаційної задачі, базується на відомих положеннях теорії нелінійної фільтрації. Доцільно було б скоротити цей розділ або винести проміжні розрахунки до додатків.

4. Було проведено імітаційне моделювання функцій невизначеності для різних типів зондуючих сигналів, проте для побудови радіозображення використано лише один з них і не показано впливу зміни типу сигналу на фінальне радіозображення.

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 радарних 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.

Рецензент:

С.н.с. на кафедрі інформаційно-
комунікаційних технологій
ім. О. О. Зеленського
Національного аерокосмічного
університету ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»,
кандидат технічних наук



Сергій КРИВЕНКО

Підпис Кривенка Сергія Станіславовича підтверджую

Проректор з НПП
Національного аерокосмічного
університету ім. М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут",
кандидат технічних наук, доцент



Андрій ГУМЕННИЙ