

ВІДГУК

офіційного опонента 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.

У сучасних аерокосмічних радарх радіобачення спостерігається конфлікт між шириною смуги огляду та 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 однорідної, безперервної та довгої апертури вздовж траєкторії польоту літального апарату необхідно збільшувати частоту повторення імпульсів, що також призводить до неоднозначності вимірювань за дальністю.

Для вирішення цього протиріччя в дисертаційному дослідженні запропоновано використовувати концепцію когнітивних радарів, що передбачають адаптивне налаштування передавача, приймача і фазованої антенної решітки, а також використання апріорної інформації про область спостереження та наявність зворотного зв'язку. Проте більшість таких радарів базуються на евристичних методах, які є узагальненням практичного досвіду у побудові і використанні радарів з синтезом апертури, що обмежує їх потенціал. Крім того, відсутня цілісна статистична теорія синтезу радіосистем, яка б описувала алгоритми адаптивного налаштування генераторів опорних сигналів і приймальних трактів.

Таким чином, задача статистичного синтезу оптимальних методів вторинного просторово-часового оброблення сигналів в аерокосмічних когнітивних радарх 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.

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 радарх 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 радарх радіобачення. Отримані нові оптимальні операції відповідають роботі розширеного фільтру Калмана та дозволяють практично реалізувати вторинне оброблення сигналів в аерокосмічних когнітивних радарх;

- 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, поставлене в дисертаційній роботі 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 Власенко Д. С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка, та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Радіоелектронні 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 співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Власенка Д. С. 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** обґрунтовано актуальність обраної теми, проведено загальний аналіз існуючих систем дистанційного зондування Землі з синтезованою апертурою антени та когнітивних систем, а також визначено їхні недоліки. На основі цього аналізу сформульовано мету дослідження та окреслено окремі завдання, виконання яких дозволить досягти цієї мети. У розділі також наведено елементи наукової новизни, зазначено науково-дослідна робота, в рамках якої виконувалося дослідження, та наведений особистий внесок здобувача.

У **першому** розділі викладено основну концепцію когнітивних радарів та представлено приклад структурних елементів когнітивних радарів з синтезованою апертурою (РСА). Розглянуто різноманітні підходи та потенційні реалізації окремих компонентів когнітивних радіолокаційних систем. Описано переваги когнітивних РСА порівняно з традиційними радарями з адаптивним приймачем. Наголошено на важливості розвитку основ статистичної теорії для створення оптимальних методів вторинної просторово-часової обробки сигналів у бортових когнітивних РСА, які відповідають двом суперечливим

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

У **другому** розділі досліджено різні методи когнітивної обробки сигналів та приклади реалізації когнітивних радарів. У зв'язку з відсутністю єдиної теорії синтезу когнітивних радарів для дистанційного зондування запропоновано використовувати математичний апарат нелінійної фільтрації. Наведено кілька прикладів можливих схем евристичної побудови когнітивних радарів з синтезованою апертурою та когерентною просторово-часовою обробкою. Виходячи з гіпотез статистичного синтезу когнітивних радарів як систем нелінійної фільтрації, було сформульовано оптимізаційну задачу, визначено моделі сигналів та статистичні характеристики шумів, вирішено оптимізаційну задачу і запропоновано структурну схему когнітивного радара для оцінки когерентного радіозображення підстильних поверхонь.

У **третьому** розділі було розроблено дискретний алгоритм нелінійної фільтрації комплексного коефіцієнта віддзеркалення поверхні. Алгоритм охоплює адаптивне налаштування передавача, оптимальний дискримінатор, оптимальні фільтри і враховує похибки фільтрації. Результати дослідження дозволяють створити рекомендації для 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 всі необхідні операції, що виконуються в оптимальному дискримінаторі при узгодженій фільтрації прийнятих антенною решіткою високочастотних коливань з одиничним сигналом. Визначено основні етапи первинної обробки, результат якої проходить фільтрацію в оптимальному розширеному фільтрі Калмана. Проведено імітаційне моделювання та порівняння результатів формування когерентних радіолокаційних зображень у класичних радарх 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).

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

За матеріалами дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. У роботі наведені існуючі приклади когнітивних радарів та систем, проте відсутній кількісний та якісний аналіз переваг характеристик таких систем над аналогічними без реалізації когнітивності.

2. У пропонуваному методі вторинного оброблення просторово-часових сигналів в аерокосмічних когнітивних радарах радіобачення передбачається адаптація форми сигналів передавача в залежності від параметрів підстильної поверхні та інформації з бази даних, при цьому не конкретизовано які форми та види сигналів пропонується використовувати в даній радіосистемі.

3. Роздільна здатність і якість радіозображень, створених радаром з синтезом апертури, значною мірою залежать від геометрії антенної решітки, однак в роботі відсутній детальний опис антенної решітки, яку пропонується застосовувати в бортовому когнітивному радарі.

4. У роботі пропонується використати розширений фільтр Калмана для адаптивної фільтрації когерентного зображення підстильної поверхні, при цьому враховуються лише перші дві складові розкладання в ряд радіолокаційного зображення і прийнятого сигналу, бажано було б оцінити втрат від застосування даного спрощення.

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:

завідувач кафедри радіотехнічних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доктор технічних наук, професор

С.Жук

Сергій ЖУК



« 8 » липня 2024 року