

**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.**

Методи дистанційного зондування Землі широко використовуються у багатьох цивільних та військових сферах. Інформація, отримана в оптичному, інфрачервоному та радіодіапазонах, дозволяє отримувати дані про стан атмосфери, поверхню Землі, її параметри та характеристики. Важливо підкреслити значення радіодіапазону, який забезпечує збір інформації незалежно від погодних умов і часу доби.

Одними з найпоширеніших бортових радіосистем для дистанційного зондування є радари з синтезом апертури антени. Проте суттєвим недоліком таких систем є протиріччя між шириною смуги огляду та високою азимутальною роздільною здатністю. Розширення зони огляду за допомогою синтезу апертури за дальністю потребує зниження частоти повторення імпульсів, що призводить до неоднозначності вимірювань за азимутом, а для створення безперервної, однорідної та довгої апертури вздовж траєкторії польоту літального апарату необхідно збільшувати частоту повторення імпульсів, що спричиняє неоднозначність вимірювань за дальністю.

У дисертаційному дослідженні Власенка Д.С. для вирішення цього протиріччя пропонується використання концепції когнітивних радарів, які передбачають адаптивне налаштування передавача, приймача та фазованої антенної решітки, використання попередньо відомої інформації про область спостереження та наявності зворотного зв'язку між передавачем та приймачем. В той же час принципи роботи більшості таких радарів засновані на евристичних методах, що є узагальненням практичного досвіду створення та експлуатації радарів з синтезом апертури. Також відсутня цілісна статистична теорія синтезу радіосистем, яка б описувала алгоритми адаптивного налаштування генераторів опорних сигналів та приймачів..

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

## **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Підхід до проведення дослідження, використаний здобувачем, заснований на поєднанні статистичної теорії синтезу оптимальних методів обробки сигналів у радіосистемах та теорії нелінійної фільтрації і вторинної обробки сигналів. Достовірність отриманих результатів була підтверджена за допомогою 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.).

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1) отримала розвиток концепція побудови аерокосмічних когнітивних радарів формування радіолокаційних зображень поверхні, що 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;

2) вперше синтезовано оптимальний метод вторинного оброблення просторово-часових сигналів в аерокосмічних когнітивних радарів радіобачення підстильної поверхні. Новий метод використовує апіорну інформацію про поточний стан навколишнього середовища та результати попередніх радіолокаційних спостережень поверхні Землі;

3) вперше вирішена оптимізаційна задача синтезу цифрових алгоритмів фільтрації комплексного коефіцієнта розсіювання підстильної поверхні в бортових аерокосмічних когнітивних радарів радіобачення. Отримані нові оптимальні операції дозволяють практично реалізувати вторинне оброблення сигналів в аерокосмічних когнітивних радарів;

4) 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 радарів 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** обґрунтовано актуальність вибраної теми дослідження, проведено загальний аналіз існуючих систем дистанційного зондування Землі з синтезованою апертурою антени та когнітивних систем. Вказано мету дослідження та окреслено окремі завдання, виконання яких дозволить досягти цієї мети. У розділі також наведені елементи наукової новизни та описано науково-дослідну роботу, в рамках якої здійснювалося дослідження.

**Перший** розділ роботи присвячений огляду концепції когнітивних радарів. У ньому представлені основні структурні елементи когнітивних радарів із синтезованою апертурою (РСА). Розглянуто різні підходи та можливі реалізації окремих компонентів когнітивних радіолокаційних систем, а також наведено приклади реалізації існуючих когнітивних радіосистем. Наголошено на необхідності розвитку основ статистичної теорії для створення оптимальних

методів вторинної просторово-часової обробки сигналів у бортових когнітивних РСА.

У **другому** розділі досліджені методи когнітивної обробки сигналів та представлено приклади евристичної реалізації когнітивних радарів з синтезованою апертурою. Зважаючи на відсутність єдиної теорії синтезу когнітивних радарів для дистанційного зондування, було запропоновано використання математичного апарату нелінійної фільтрації як основи. Було сформульовано оптимізаційну задачу, визначено моделі сигналів і статистичні характеристики шумів, а також розв'язано поставлену оптимізаційну задачу. В результаті розроблено структурну схему когнітивного радара для оцінки когерентного радіозображення підстильних поверхонь.

У **третьому** розділі розроблено дискретний алгоритм нелінійної фільтрації для визначення комплексного коефіцієнта віддзеркалення поверхні. Цей алгоритм включає адаптивне налаштування передавача, оптимальний дискримінатор, оптимальні фільтри, а також враховує похибки фільтрації. Отримані результати були використані для створення рекомендацій щодо розробки когнітивних бортових радарів дистанційного зондування з аналого-цифровим перетворенням процесів.

У **четвертому** розділі представлено структурну схему когнітивного радара аерокосмічного базування з оптимальною просторово-часовою обробкою сигналів. Детально описано операції, що виконуються в оптимальному дискримінаторі під час узгодженої фільтрації високочастотних коливань, прийнятих антенною решіткою, з одиничним сигналом. Розглянуто основні етапи первинної обробки сигналів, результати якої проходять через фільтрацію в оптимальному розширеному фільтрі Калмана. Проведено імітаційне моделювання та порівняння когерентних радіолокаційних зображень, отриманих за допомогою класичних радарів з антенними решітками та когнітивних РСА.

У **висновках** підсумовано результати, отримані автором у проведеному дисертаційному дослідженні. Крім того, короткі висновки наведені 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.**

1. В підрозділі 1.3 представлені приклади реалізації когнітивних радіосистем, однак були наведені лише деякі з характеристик, необхідних для оцінки якості їх роботи, також відсутнє порівняння їх характеристик з класичними радарями.

2. Одним з компонентів когнітивних радіосистем є динамічна база даних, проте в даній роботі не конкретизовані формат даних, які в ній зберігаються та механізм внесення нових даних.

3. У роботі запропоновано алгоритм фільтрації комплексного коефіцієнта розсіювання підстильної поверхні на основі фільтра Калмана, однак використання даного фільтра має певні складнощі для випадку коли залежність стану об'єкта спостереження від часу відома неповністю.

4. У синтезованій в роботі структурній схемі бортового когнітивного радару пропонується використовувати антенну решітку, в той же час не конкретизована форма та геометрія такої антенної решітки.

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:**

Завідувач кафедри систем управління літальними апаратами Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», кандидат технічних наук



Костянтин ДЕРГАЧОВ

Підпис Дергачова Костянтина Юрійовича підтверджую

Вчений секретар

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



Тетяна БОНДАРЄВА

