

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Колеснікова Дениса Вікторовича

на тему «Метод статичного синтезу апертури в задачах дистанційного зондування та неруйнівного контролю»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації, спеціальність

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

Актуальність теми дисертації.

Актуальними на сьогодні є науково-практичні дослідження об'єктів у лабораторних умовах, проведення тестування шляхом неруйнівного контролю, формування тестових зображень тощо. Найбільшого розвитку для таких задач отримали системи, що працюють у оптичному, інфрачервоному, рентгенівському та звукових діапазонах. Проте, залишається актуальним питання використання радіолокаційних систем у питаннях радіобачення локальних ділянок. Вибір радіодіапазону може бути обумовлений як високою інформативністю отримуваних радіосистемою сигналів, так і відомими перевагами над системами, що працюють у інфрачервоному та оптичному діапазонах. Проте, системи радіобачення отримали найбільшого розвитку саме як пристрої, що розміщуються або на супутниках, та мають великі габаритні розміри, а також необхідність у великому часі накопичення сигналів, або як системи наземного базування, що мають необхідність розміщення десятків багатометрових антен на великій площі задля отримання найкращої кутової роздільної здатності. Незважаючи на надвисоку роздільну здатність отримуваних радіозображень, такі системи виявляються неспроможними бути використаними як пристрої активного наукового та практичного дослідження локальних статичних сцен. Натомість, існуючі системи формування радіозображень ділянок, що знаходяться на невеликій відстані від системи формування були побудовані як доказ можливості існування таких систем, а не в ході вирішення оптимізаційної задачі.

Таким чином, розробка нових методів формування високоточних радіозображень поверхні в радіотехнічних системах з технологією синтезу апертури за умови дослідження статичної ділянки поверхні є актуальним і важливим завданням. Зокрема використання непрямолінійних траєкторій при русі носія радіотехнічних систем може стати джерелом додаткової інформації для підвищення роздільної здатності зображень. Тому, задача дисертаційного дослідження Колеснікова Д. В. є актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Отримали подальшого розвитку математичні моделі опису когерентних та некогерентних радіолокаційних зображень, що формуються в радіолокаційних системах з синтезуванням апертури при довільній траєкторії руху носія. На відміну від існуючих моделей, представлені нові аналітичні вирази з одного боку ґрунтуються на точній теорії дифракції, теоремах Кірхгофа і Релея-Зоммерфельда, а з іншого – враховують особливості побудови радіозображень в зонах Френеля і Фраунгофера, що дозволяє визначати фізичну сутність формування радіолокаційних зображень при довільній траєкторії руху, змінних кутах візування, заданих розмірах несинтезованих бортових антен, та параметрах електродинамічних моделей підстильної поверхні.

2. Вперше отримано метод оптимального формування когерентних радіолокаційних зображень поверхонь з технологією статичного синтезу апертури, який, на відміну від існуючих, дозволяє формувати зображення фіксованої ділянки місцевості з високою роздільною здатністю за дальністю та азимутом за рахунок когерентної просторово-часової обробки безперервних сигналів без модуляції при складних непрямолінійних траєкторіях руху радіолокаційного сенсору.

3. Удосконалено принципи побудови радіолокаційних систем формування когерентних зображень поверхонь з рухомих носіїв, запропоновано структурну схему радіотехнічної вимірювальної системи з технологією статичного синтезування апертури, яка відповідає новому синтезованому оптимальному методу високоточного радіобачення фіксованої сцени огляду.

4. Отримав подальшого розвитку метод імітаційного моделювання радіолокаційних зображень поверхонь, який враховує умови огляду сцени, траєкторію руху носія радіовимірювача та її випадкову варіацію, алгоритми когерентного оброблення прийнятих траєкторних сигналів та внутрішні шуми системи. Новизною вирізняється методи врахування складних траєкторій руху носія та оброблення безперервних траєкторних сигналів при побудові когерентних радіолокаційних зображень.

Наукові положення, що висунуті в дисертації, а також висновки і рекомендації автором достатньо обґрунтовані на підставі використання положень і методів математичної статистики та імітаційного моделювання.

Достовірність одержаних результатів підтверджена коректністю поставленої задачі, застосуванням добре апробованих методів проведення

дослідження, математичною суворістю проведених теоретичних досліджень, перевіркою розроблених методів шляхом імітаційного моделювання.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання статистичного синтезу методу та алгоритму формування радіозображень статичних сцен з високою роздільною здатністю та розробки принципів їх практичної реалізації у системах дистанційного зондування та неруйнівного контролю 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 Колеснікова Д. В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової 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 співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Колеснікова Дениса Вікторовича 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 викладки матеріалу. Розділи, підрозділи та інформація в них логічно структуровані, а використана термінологія та математичні позначення є загальноприйнятими для наукових робіт в області радіобачення. Дослідження є цілісною роботою, в якій досягнуті тематична повнота та розкриття головної наукової ідеї автора.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатку. Загальний обсяг дисертації 166 сторінок.

У **вступі** здобувачем було обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, сформована мета та окремі завдання, які необхідно вирішити для її досягнення. Водночас наведено наукову новизну отриманих результатів, їх практичне значення та особистий внесок здобувача.

Перший розділ роботи демонструє всебічний аналіз існуючих систем глобального та локального радіобачення. Для більш ніж 15 систем космічного базування, що несуть на борту радар з синтезуванням апертури, та 20 радіотелескопів наземного базування наведено максимально можливі показники роздільної просторової здатності. Окрім того, сформульовано основну проблематику та конкретизовані задачі, рішення яких повинно вирішити наявне протиріччя.

У **другому** розділі формалізовано поняття когерентного зображення в радарі із синтезованою апертурою та досліджено методи синтезування апертури в зонах Фраунгофера та Френеля. Наведено загальний принцип отримання штучного розкриву антени шляхом вторинної обробки первинного когерентного зображення для деяких методів огляду поверхні. Досліджена як сама можливість синтезування апертури так і апаратні функції, отримані для кожного з методів.

У **третьому** розділі методом максимуму функціоналу правдоподібності синтезовано математичні моделі оптимального та квазі-оптимального методів формування радіозображень з технологією статичного синтезу апертури: наведено геометрію задачі, моделі сигналів, шумів, рівняння спостереження; постановка та вирішення синтезу оптимального алгоритму формування радіозображень; аналіз оптимального та квазі-оптимального методів. Також, здобувачем запропоновано структурну схему радіотехнічної виміральної системи з технологією статичного синтезування апертури.

Четвертий розділ присвячений імітаційному моделюванню розробленого оптимального алгоритму. Проведено моделювання отримання радіозображень радаром з технологією статично синтезу апертури при різних траєкторіях його руху – ідеалізованих та з відхиленнями. Обраховані якісні показники відновлення тестового зображення. Наведено часткові вимоги до точності руху радіосканера.

У **висновках** узагальнено матеріали, отримані автором згідно проведеним дисертаційним дослідженням. Водночас 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, отримані здобувачем під час роботи над дисертацією, висвітлені у 4 наукових працях, серед яких:

- 1 стаття у науковому фаховому виданні України категорії «Б»;
- 1 стаття у науковому періодичному виданні України, що індексується н.м.б.д Web of Science Core Collection;

– 1 стаття у науковому періодичному виданні України, що індексується н.м.б.д Scopus та віднесено до третього (Q3) квартилю;

– 1 стаття у науковому закордонному виданні, що індексується н.м.б.д Scopus та віднесено до третього (Q3) квартилю.

Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на міжнародних конференціях:

– 2022 IEEE 3rd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC) (Київ, Україна);

– 2023 IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo) (Київ, Україна)

– Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – 2023 (Харків, Україна).

Наукові праці здобувача містять аналіз сутності проблеми дослідження, опис рішення проблеми, застосованих методів та обґрунтовані висновки за отриманими результатами. У публікаціях порушення принципів академічної доброчесності не виявлено – роботи є оригінальними.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. В роботі зазначається, що після операцій декореляції та узгодженої фільтрації розміри спеклів на отримуваних запропонованим методом зображеннях зменшуються. Водночас не наводяться кількісні показники, за якими дане зменшення можливо оцінити.

2. У роботі наявне перенавантаження математичними викладками та проміжними результатами. Було б доцільно перенести більшу частину розрахунків у додатки, а в основній частині залишити лише кінцеві результати.

3. У роботі імітаційне моделювання формування радіозображень запропонованим методом зі статичним синтезом апертури виконано при різних траєкторіях руху носія. Водночас не наводяться критерії, за якими дані траєкторії були обрані, і за якими їх доцільно обирати на практиці.

4. В імітаційному моделюванні не наведено, яку кількість відліків траєкторії радіосенсору необхідно обчислювати, задля отримання достовірних результатів.

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.

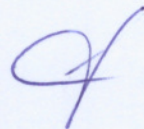
Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Колеснікова Дениса Вікторовича на тему «Метод статичного синтезу апертури в задачах дистанційного зондування та неруйнівного контролю» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим 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 Колеснікова Денис Вікторович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Рецензент:

Декан факультету радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,

кандидат технічних наук



Олексій ОДОКІЄНКО

Підпис кандидата технічних наук, декана факультету радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій Одокієнко О. В. засвідчую:

Проректор з НПР Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»



Андрій ГУМЕННИЙ