

ВІДГУК

офіційного опонента 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

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

Актуальність теми дисертації.

Сучасні системи авіаційного та космічного радіобачення займають чільне місце у питаннях дослідження земної поверхні та космосу, оскільки за останні десятиріччя, шляхом вдосконалення радіoeлементної бази та алгоритмів оброблення сигналів, було досягнуто значної просторової роздільної здатності радіозображень, що може бути співставна з системами, що отримують зображення у оптичному діапазоні. Крім цього, дослідження у радіодіапазоні мають низку переваг над системами оптичними та інфрачервоними, серед яких всепогодність, всесезонність та незалежність вимірювань від стану освітленості поверхні.

Окрім глобальних досліджень поверхні Землі з супутників, літаків та вертольотів існує низка нагальні задач дослідження локальних, та менших за розмірами, територій та об'єктів у відносній наближеності до систем прийому відбитих хвиль (чи їх антенних систем). Такими об'єктами можуть бути тестові масштабні ділянки поверхонь з визначеною геометрією, шорсткістю та типом покриття, тестові масштабні моделі різноманітної військової та цивільної техніки, пристрої та вузли в агрегатах, що спостерігаються через радіопрозорі отвори тощо. Тому для проведення подібних експериментальних досліджень необхідним є розроблення та побудова систем формування радіозображень стаціонарних невеликих ділянок з високою роздільною здатністю. Існуючі методи формування радіозображень при лінійному русі носія та фіксованому куті спостереження поверхні не зможуть забезпечити необхідних показників точності при вирішенні наведених задач. Проведені автором дослідження та отримані результати за цим актуальним напрямком є нагальними та необхідними.

У дисертаційному дослідженні Колеснікова Д. В. для формування радіозображень статичних сцен з високою роздільною здатністю виконана статистична оптимізація методу радіобачення за критерієм максимуму функціоналу правдоподібності. Отриманий новий метод дозволяє підвищити роздільну здатність радіозображень за рахунок когерентної обробки траєкторних сигналів, що отримані при нелінійному русі носі, в безпосередній

близькості до об'єкту вимірювання та при опроміненні поверхні монохроматичним сигналом без модуляції. Автор дисертаційного дослідження називає отриману послідовність операцій методом статичного синтезу апертури, підкреслюючи можливість підвищення роздільної здатності радіозображень при дослідженні статичних сцен.

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.

При виконанні дослідження здобувач використав наступні методи: математичної статистики, теорії оптимальних рішень та розв'язання оптимізаційних задач, оброблення просторово-часових полів. Достовірність отриманих результатів підтверджена шляхом використання методів імітаційного моделювання синтезованих алгоритмів та їх основних характеристик роздільної здатності – функцій невизначеностей.

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 радіотехнік 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 співпадіння, 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. Вона складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Загальний обсяг дисертації 166 сторінок.

У вступі здобувач наводить обґрунтування актуальності теми дослідження, описує наукову задачу та констатує мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження, що повністю відповідають темі дисертаційної роботи. Сформульовано задачі та методи дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі автором дисертації проведено аналіз сучасних систем глобального радіобачення, що використовують методи формування

синтезованої апертури та апертурного синтезу, та показано основні технічні можливості. Водночас надано аналіз існуючих рішень в області радіотехнічних системах, що можуть формувати зображення у відносній наближеності до систем прийому. Сформована основна задача дослідження та означені основні етапи, які необхідно вирішити задля досягнення поставленої наукової задачі, а також наводяться основні положення теорії статистичних рішень та оцінок параметрів ймовірнісних розподілень.

У другому розділі визначено структуру когерентного зображення в бортових радарх, наведено вигляд первинного та вторинного радіозображень. Наведені основні операції відновлення синтезованих зображень для трьох основних типів огляду досліджуваної поверхні: віялоподібного, прожекторного та однопроменевого. Досліджено можливості синтезування апертури антени для кожного з типу оглядів у зоні Френеля та Фраунгофера, та проаналізовано роздільну здатність синтезованих зображень. Додатково показано можливість отримання некогерентних радіозображень з високою роздільною здатністю при прожекторному огляді з непрямолінійним рухом області реєстрації.

У третьому розділі представлена геометрія огляду статичної ділянки поверхні радіолокаційною системою, конкретизовано моделі прийнятих корисних сигналів, внутрішніх шумів, рівняння спостереження та їх кореляційні властивості. Методом максимуму функціоналу правдоподібності вирішена задача оптимального відновлення радіолокаційного зображення поверхні. У результаті вирішення задачі синтезовано оптимальний та квазі-оптимальний методи формування радіозображень з технологією статичного синтезу апертури. На основі розробленого оптимального методу запропоновано структурну схему радару формування радіозображень.

У четвертому розділі проведено імітаційне моделювання отримання радіозображень поверхонь розробленим оптимальним методом. Здобувачем проведено моделювання отримання зображень за різних траєкторій руху антени, проаналізовано отримані результати шляхом обчислення числових метрик, що показують якість відновлення зображень. Додатково проаналізовано випадки неідеалізованої траєкторії руху радіокомплексу, побудовано залежності середньоквадратичної похибки від величини варіації траєкторії руху радіосканера. Показано роботоспроможність запропонованого методу та можливості з відновлення зображень.

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 дисертації висвітлені у 4 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України категорії «Б»; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 2 статті у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank.

Також результати дисертації були апробовані на 3 наукових фахових конференціях – 2022 IEEE 3rd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing, 2023 IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics та Statistical Optimisation of the Static Aperture Synthesis Method. In Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2023.

Наявність у здобувача статей та доповідей у журналах та конференціях світового рівня висвітлює високий рівень академічної зацікавленості та показує дотримання принципів академічної доброчесності при публікації.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У роботі методом максимальної правдоподібності синтезовано алгоритм оцінювання питомої ефективної площі розсіювання, як істинного радіозображення тестової поверхні, проте не досліджено граничні похибки такої оцінки.

2. У роботі запропонований перехід від оптимального алгоритму оброблення сигналів у радіосистемі до квазі-оптимального шляхом виключення операції декореляції сигналів, але не досліджено вплив такого переходу на якісні показники формованих радіозображень.

3. При імітаційному моделюванні розробленого квазі-оптимального алгоритму передбачається, що досліджувана ділянка поверхні опромінюється з залученням деякої антенної решітки, проте її конфігурація у роботі не конкретизована.

4. У розділі 1.4 автором виконано огляд існуючих радарів формування зображень лабораторного типу, проте перелік охоплених радіосистем доцільно було б розширити.

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.

Офіційний опонент:

Професор кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки факультету автоматизованих систем управління та наземного забезпечення польотів авіації Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба,

доктор технічних наук, професор



Павло КОСТЕНКО

Підпис доктора технічних наук, професора Костенко П.Ю. засвідчую:

Начальник штабу — заступник начальника Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба



Дмитро ГУР'ЄВ

_____ 2024 року