

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Нгуен Ван Хиу

«Метод активного апертурного синтезу для формування радіозображень при дистанційному зондуванні з аерокосмічних носіїв», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 172 – «Телекомунікації та радіотехніка» галузі знань 17 – «Електроніка та телекомунікації»

Актуальність теми дисертації. Актуальність дисертаційної роботи виникає з задач, які стоять перед системами апертурного синтезу при дистанційному зондуванні підстильної земної поверхні з аерокосмічних носіїв.

Основними недоліками систем аерокосмічного дистанційного зондування є високі енерговитрати, які призводять до того, що час роботи систем з синтезованою апертурою вимірюється десятками хвилин, після чого необхідно охолоджувати тракти випромінювання сигналів, тобто магнетрони. Також потребує постійного контролю огляд по куту місця традиційно обмежений зоною $15^\circ - 50^\circ$ від напрямку в надир, що спричинено високою роздільною здатністю по дальності саме у цьому діапазоні кутів.

При цьому виникають питання, які потребують дослідження. Це такі питання:

- що являє собою питома ефективна поверхня розсіювання для обробки широко/надширокосмугових сигналів?
- які алгоритми обробки сигналів є оптимальними для формування радіозображень методом активного апертурного синтезу?
- як обирати геометрію антенних систем? Як описати функцію невідомості таких систем?
- чи достатньо лише первинної обробки сигналів, чи необхідно реалізовувати вторинну обробку зображень для досягнення високої якості зображень?

У зв'язку з цим тема дисертаційної роботи Нгуен Ван Хиу, яка присвячена створенню методу формування радіозображень з аерокосмічних носіїв у зоні огляду, близькій до надиру, є актуальною.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Одержані висновки, результати і рекомендації дисертаційної роботи обґрунтовані завдяки використанню методів математичної статистики, варіаційного диференціювання та оптимальних рішень при вирішенні задач статистичного синтезу структур

активних надширокосмугових радіотехнічних комплексів формування радіозображень, а також методів моделювання для підтвердження достовірності синтезованих алгоритмів обробки сигналів та методу вторинної обробки радіозображень.

Достовірність одержаних результатів забезпечувалась використанням відомих та багатократно перевірених методів, їх збігом в граничних випадках з відомими результатами, підтверджена порівнянням з даними теоретичних та експериментальних досліджень.

Новизна отриманих результатів.

1. **Вперше** отримано аналітичний вираз для функції невизначеності радіотехнічної системи активного апертурного синтезу, який дозволяє моделюванням обґрунтовувати вибір ширини смуги пропускання при фіксованій геометрії розміщення елементів приймальної антенної системи.

2. **Удосконалено** математичну модель стохастичного надширокосмугового радіосигналу з гаусівським розподілом, яка містить інформацію про частотнозалежний питомий комплексний коефіцієнт відбиття підстильної поверхні і дозволяє, на відміну від існуючих, отримати аналітичний вираз для матриці просторово-часових кореляційних функцій, необхідний для синтезу алгоритму оброблення сигналів.

3. **Удосконалено** метод вторинного оброблення радіозображень, який передбачає оптимальну фільтрацію функціями, які є зворотними до функції невизначеності радіосистеми, та дозволяє підвищити візуальну якість зображень.

4. **Отримав подальший розвиток** метод активного апертурного синтезу, який на відміну від систем апертурного синтезу дозволяє формувати у зоні огляду близькій до надиру радіозображення, пропорційне питомій ефективній поверхні розсіювання, а не еквівалентній шумовій температурі, як це характерно для класичних систем апертурного синтезу.

Дисертація являє одноособове написану кваліфікаційну наукову працю, яка містить сукупність результатів та наукових положень, виставлених автором для публічного захисту, має внутрішню єдність і свідчить про особовий внесок автора в науку.

Запропоновані автором нові рішення належним образом **аргументовані**, мають місце **критичні оцінки** отриманих результатів порівняно з відомими науково-технічними рішеннями.

Рекомендації по практичному використанню одержаних автором наукових результатів роботи:

- зменшення кількості антен у антенній системі за рахунок обробки просторово-часових широкосмугових сигналів, призводить до суттєвого

спростування апаратури систем;

- алгоритми можуть бути реалізовані на сучасній широкосмуговій елементній базі, що дозволить отримати високу чутливість або забезпечити більш високе відношення сигнал – шум на виході системи;

- підвищення візуальної якості радіозображень можна отримати за рахунок їх вторинної обробки (фільтрації).

Зміст дисертації логічний, *дисертація у цілому має завершений вигляд, оформлена відповідно* вимогам Атестаційної колегії Міністерства освіти і науки України.

Дисертація і автореферат написані технічно грамотною *мовою, стиль* викладу цілком відповідає тематиці наукового дослідження.

Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях. Результати дисертаційних досліджень досить повно викладені автором у трьох статтях у наукових фахових видань, з яких дві входять до міжнародної науко метричної бази Index Scopus, в квартилі Q3, одна стаття опублікована у фаховому виданні України. Вісім робіт опубліковані у збірниках доповідей міжнародних конференцій, праці яких індексуються міжнародною базою Scopus.

В тексті дисертаційної роботи та публікаціях автора відсутні порушення академічної доброчесності. Дисертація оформлена згідно існуючих вимог.

Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертаційної роботи.

Недоліки:

1. У дисертаційному дослідженні розглядається режим огляду у межах $\pm 15^\circ$ праворуч і ліворуч від надиру. При цьому у площині xOz (рис.2.1) промені функції невизначеності спрямовані уздовж напрямку в надир, тобто уздовж осі z . Нічого не вказано щодо можливості огляду передньої нижньої зони, що досить важливо для багатьох задач дистанційного зондування, адже дозволить реалізувати ще більше просторове розрізнення за рахунок телескопічного огляду.

2. При обґрунтуванні переходу від надширокосмугового до багатосмугового сигналу (див. п.п. 3.3) не приділено уваги виникаючим при цьому енергетичним втратам, які знизять відношення сигнал/шум на вході приймача.

3. На рис. 4.1 (стор. 112) не приділено уваги блоку адаптації налаштування приймачів відповідно до швидкості польоту аерокосмічного носія адже, відповідно до швидкості польоту змінюється смуга пропускання системи. Про це у роботі сказано, але на схемі не відображено.

4. На рис. 4.3 показані варіанти розміщення антен на авіаційному носії. Проте не відомо, як розміщення антен позначиться на питаннях міцності конструкції літального апарату. Доцільно було б навести прилади антен, які

можуть без зниження міцності та без порушення аеродинамічних характеристик встановлюватися на літальні апарати.

5. У алгоритмах оброблення сигналів постійно виникають декорелюючі фільтри, моделювання роботи яких не наводиться у роботі. Натомість встановлюються квазіоптимальні переходи, які спрощують оброблення сигналів за рахунок відмови від реалізації точної структури фільтрів декореляції сигналів. Це питання було б доцільно розкрити більш детально.

Необхідно відмітити, що вказані недоліки не знижують вагомості отриманих в дисертації результатів. Дисертаційна робота насичена великою кількістю як теоретичних викладок, так і результатів кількісних оцінок, які підтверджують ефективність і значність запропонованих методів.

Загальні висновки. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, в якій вирішені поставлені наукові задачі, отримані нові наукові результати, які в сукупності вирішують важливу наукову задачу, яка сформульована в роботі.

Дисертаційна робота «Метод активного апертурного синтезу для формування радіозображень при дистанційному зондуванні з аерокосмічних носіїв» за актуальністю, обґрунтованістю наукових положень, висновків і рекомендацій, їх новизною, повнотою викладення в наукових публікаціях та відсутністю порушень академічної доброчесності відповідає вимогам пунктів 9 – 12 Порядку проведення експерименту з присудженням ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року № 167, а її автор Нгуен Ван Хиу заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 – «Телекомунікації та радіотехніка».

Офіційний опонент

провідний науковий співробітник кафедри теоретичної радіофізики

Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

В.М. Биков

Підпис засвідчую
Начальник служби управління



[Handwritten signature]