

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Церне Едуарда Олексійовича
на тему «Апертурний синтез зображень з використанням
широкосмугових сигналів»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань
за спеціальністю

17 Електроніка та телекомунікації
172 Телекомунікації та радіотехніка

Актуальність теми дисертації.

На сьогодні, активні радары з синтезуванням апертури антени є одними з найбільш поширених та ефективних засобів повітряної та космічної розвідки та картографування. Але ж їм притаманні деякі недоліки, насамперед – обмеженість зони огляду підстильної поверхні. Сучасні системи формують радіозображення лише у бічних напрямках та мають мертву зону огляду, яка зазвичай складає $\pm 15^\circ$ від напрямку у надир. Ця зона може переглядатись у оптичному і інфрачервоному діапазонах, але такі системи є залежними від метеоумов, а оптичні – ще й від часу доби.

Формування радіозображень у мертвій зоні активних РЛС можливо забезпечити залученням пасивних систем апертурного синтезу, які набули широкого поширення в радіоастрономії. Але ж перерахунок зображень, отриманих пасивними радарями, які є пропорційними ефективній шумовій температурі підстильної поверхні, у зображення, отримані активними радарями, є надзвичайно складним і для більшості реальних підстильних поверхонь не може бути реалізований однозначно. Крім того, такі системи є вузькосмуговими, тому формування ними радіозображень з високою роздільною здатністю вимагає залучення антенних решіток з великими базами між елементами, що не дозволяє зробити систему бортовою.

Вузькосмуговість сучасних активних радіосистем дистанційного зондування Землі є однією з причин ще одного їх недоліку – низької завадостійкості. Вузькосмугові сигнали мають низьку прихованість, що дозволяє створювати таким радарам різні типи активних перешкод.

Для подолання розглянутих недоліків в якості додаткової системи доцільно розглянути можливість реалізації системи апертурного синтезу у активному варіанті (з сигналом підсвічування) та за умови обробки широко- та надширокосмугових стохастичних сигналів. Підсвічування дозволить отримувати двома системами ідентичну за фізичним змістом інформацію щодо параметрів досліджуваної поверхні, а використання широкосмугової обробки сигналів у системі активного апертурного синтезу звужить функції кореляції

прийнятих окремими елементами сигналів, що дозволить зменшити фізичні розміри антенної системи або підвищити роздільну здатність формованих зображень.

Тому тема дисертаційної роботи Церне Е. О., що присвячена вирішенню наукової задачі синтезування алгоритмів обробки сигналів у системах активного апертурного синтезу з широкосмуговими зондуючими сигналами є актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше для активних радіолокаційних систем дистанційного зондування поверхонь широкосмуговими та надширокосмуговими сигналами, на основі математичного апарату спектральних V_F -перетворень визначено математичний зв'язок оцінок некогерентних зображень поверхонь із спектральною густиною комплексної функції просторової когерентності, спектральною густиною автокореляційної функції амплітудно-фазового розподілу приймальної антенної системи та енергетичним спектром зондуючих коливань. Це дозволило визначити алгоритмічну структуру операцій формування радіозображень у різних частотних піддіапазонах спектра сигналу, що випромінюється.

2. Вперше виконано математичний опис статистичної оцінки інтегрального зображення, сформованого за всіма частотами спектрів відбитих від поверхні широкосмугових або надширокосмугових стохастичних сигналів, та встановлено її зв'язок з ефективним перерізом розсіювання поверхні, спектральною густиною комплексної функції просторової когерентності, спектральною густиною автокореляційної функції амплітудно-фазового розподілу приймальної антенної системи та енергетичним спектром зондуючих коливань. Це дозволило визначити алгоритмічну структуру операцій формування інтегральних зображень поверхонь у мертвій зоні безпосередньо під літальним апаратом.

3. Вперше надано алгоритмічний опис процедур формування інтегральних за частотами некогерентних зображень поверхонь широкосмуговими і надширокосмуговими системами активного апертурного синтезу, основу якого складає розділення спектра прийнятого сигналу на піддіапазони частот з виконанням умови просторово-часової вузькосмуговості. Це дозволило отримати практичні алгоритми формування радіозображень зображень як у вузьких смугах спектра зондуючого сигналу, так і інтегрального зображення за всіма смугами.

4. Вперше у результаті рішення задачі активного апертурного синтезу

зображень в оптимізаційній постановці методом пошуку максимуму функціоналу правдоподібності обґрунтовано доцільність введення в алгоритми оброблення операцій попередньої декореляції прийнятих сигналів і подальшого формування зображень у різних піддіапазонах методами паралельного огляду поверхні. Операція декореляції дозволяє покращити якість формованих радіозображень шляхом додаткового розширення спектра сигналу.

5. Отримав подальший розвиток метод формування інтегрального некогерентного зображення поверхні системою активного апертурного синтезу, основу якого складає інтегрування за часом другої похідної просторово-часової кореляційної функції прийнятих сигналів. Суттєву новизну мають практичні алгоритми реалізації цього методу, що полягають у формуванні взаємних кореляційних функцій сигналів із виходів елементів антенних решіток, обчисленні їх похідних з урахуванням затримок, що забезпечує вирівнювання фронту падаючого поля, та подальшому підсумовуванні отриманих сигналів.

Наукові положення, що висунуті в дисертації, а також висновки і рекомендації автором достатньо обґрунтовані на підставі використання положень і методів математичної статистики, статистичної теорії оптимальних рішень та оцінок параметрів імовірнісних розподілів, методів спектральних V_F -перетворень, імітаційного моделювання та експериментального дослідження.

Достовірність одержаних результатів підтверджена коректністю поставленої задачі, застосуванням добре апробованих методів проведення дослідження, математичною суворістю проведених теоретичних досліджень, перевіркою розроблених методів шляхом імітаційного моделювання, а також на експериментальних даних.

Отже, поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання синтезування алгоритмів обробки сигналів у системах активного апертурного синтезу з широкосмуговими зондуючими сигналами 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 Церне Е.О. 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 Церне Едуарда Олексійовича 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, п'яти розділів, висновків та списку літератури. Загальний обсяг дисертації 204 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, визначено наукову задачу, мету, об'єкт і предмет досліджень, які відповідають темі дисертації, сформульовано задачі і методи дослідження, наукову новизну й практичне значення отриманих результатів.

В першому розділі проведено огляд систем з синтезуванням апертури антени, розглянуто стан і зміст задачі апертурного синтезу зображень з використанням ширококутових сигналів, сформульовано задачі дослідження.

У наступних розділах дисертації в повному обсязі викладено зміст власних досліджень здобувача. В другому розділі з використанням V_F -перетворень розроблено математичні моделі відбитих від зондованої поверхні ширококутових полів і пов'язаних з ними когерентних і некогерентних зображень та отримані евристичні алгоритми апертурного синтезу зображень поверхонь із застосуванням активних систем з надширококутовими зондуючими сигналами.

В третьому розділі за критерієм максимуму функціоналу правдоподібності синтезовано оптимальний алгоритм формування радіозображень у системах активного апертурного синтезу, особливістю математичного представлення якого є операція декореляції спостережень. Запропонована структурна схема радіосистеми активного апертурного синтезу радіозображень та визначено особливості її реалізації.

В четвертому розділі шляхом імітаційного моделювання проведено оцінку ефективності розроблених алгоритмів формування радіозображень системами активного апертурного синтезу.

П'ятий розділ присвячено створенню та дослідженню експериментального макета системи активного апертурного синтезу. На основі експериментальних результатів, виконано розрахунок потенційної лінійної роздільної здатності радіозображень та доведена доцільність використання систем активного

апертурного синтезу у якості доповнення існуючих радарів з синтезуванням апертури антени.

У загальних висновках підсумовано отримані найбільш важливі наукові та практичні результати дисертації, наголошено на якісних і кількісних показниках здобутих результатів, викладено рекомендації щодо х використання.

Список використаних джерел характеризує високий ступінь вивченості здобувачем проблематики апертурного синтезу зображень з використанням ширококутових сигналів

Дисертацію написано стилістично грамотно на високому науковому рівні. Вона має внутрішню єдність. Застосована в роботі наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладення теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання.

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, проіндексованих у базі даних Scopus, з яких 3 статі у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank; у 1 патенті на винахід, що пройшов кваліфікаційну експертизу та безпосередньо стосується наукових результатів дисертації.

Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях.

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 запропонованій системі активного апертурного синтезу передбачається обробка широко- та надширококутових сигналів, проте здобувачем не наведено визначення даних типів сигналів.

2) У роботі запропоновано алгоритм обробки сигналів з розділенням ширококутового сигналу на окремі піддіапазони з подальшою обробкою лише на центральній частоті кожного з них, проте не досліджено вплив обробки на якість формованих радіозображень.

3) Роздільна здатність та якість формованих системами апертурного синтезу радіозображень значною мірою залежить від геометрії антенної

решітки радара. Водночас у роботі не приділено уваги впливу форми антенної системи радара на якість формованих радіозображень за умови обробки ширококутових сигналів.

4) Дослідження експериментального зразка доцільно було б виконати у безлунній камері відповідного діапазону довжин хвиль задля зменшення впливу зовнішніх завад та оточуючих об'єктів на результати вимірювань.

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 Церне Едуарда Олексійовича на тему «Апертурний синтез зображень з використанням ширококутових сигналів» 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 Церне Едуард Олексійович 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»,
д.т.н., професор



« 14 » травня 2024 року