

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Сакович Анастасії Андріївни

на тему «Дискретно-адаптивні алгоритми обробки сигналів в умовах
комплексу завад»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 17 — Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
за спеціальністю 172 — Електронні комунікації та радіотехніка

Актуальність теми дисертації

Однією з основних вимог, що висуваються до існуючих та проєктованих багатофункціональних систем передачі та вилучення інформації (СПВІ), є висока завадозахищеність в умовах складної, мінливої та апріорно невідомої завадової обстановки. Ефективні системи обробки корисного сигналу на тлі завад, які синтезуються за допомогою тесту відносини правдоподібності, мають мінімізувати, у певному сенсі, ризик, пов'язаний із застосуванням неправильних рішень, що є важливим при побудові систем, на виході яких приймається рішення про наявність чи відсутність у вихідному процесі корисного сигналу. Застосування оптимальних алгоритмів для вирішення конкретних радіотехнічних завдань ускладнюється з огляду на специфіку, що полягає у неможливості досить обґрунтованого завдання ймовірнісних і навіть спектрально-кореляційних характеристик сигналу і завади, а також вимог до реалізації алгоритмів у реальному масштабі часу за збереження їх стійкості до асимптотичне оптимальних рішень. Складність практичної реалізації адаптивних оптимальних виявників корисного сигналу з безперервною перебудовою параметрів, залежно від завадової обстановки, робить актуальним пошук спрощених варіантів побудови та розрахунок параметрів таких систем. Одним із шляхів зниження обчислювальної складності систем виявлення є використання дискретно-адаптивного підходу, що реалізується у вигляді сукупності неадаптивних підсистем, які автоматично перемикаються в залежності від результатів розпізнавання завадової обстановки. Водночас для низки радіотехнічних додатків допустимим виявляється застосування, замість оптимальної багатоканальної системи обробки, спрощеної системи інваріантної до доплерівської фази корисного сигналу.

Тому актуальною науковою задачею є розробка квазіоптимальних, заснованих на принципі дискретної адаптації, одноканальних з доплерівської частоти корисного сигналу, виявників з класу нелінійних структур, які не вимагають значних обчислювальних витрат, та забезпечують потрібну

ефективність виявлення при контрольованому рівні втрат в умовах комплексу завад.

Реалізація результатів досліджень сприятиме зростанню спроможностей сектору безпеки та оборони України для радіолокаційних станцій як наземного так і морського застосування.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Обґрунтованість наукових результатів дисертації забезпечується коректною постановкою науково-прикладної задачі і часткових завдань досліджень, використанням сучасних апробованих методів теорії ймовірностей і математичної статистики, статистичної теорії прийняття рішень, оптимальної та адаптивної фільтрації випадкових процесів, а також методів експериментальних досліджень, таких як статистичне (імітаційне) моделювання.

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджується несуперечністю отриманих у дисертації наукових результатів загальновідомим теоретичним положенням, збігом окремих отриманих наукових результатів з відомими в літературі, експериментальною перевіркою отриманих теоретичних положень шляхом імітаційного моделювання.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Синтезовано оптимальний за критерієм усередненого по фазі сигналу (φ_c) відношення правдоподібності, а також оптимальний за критерієм максимуму усередненого по φ_c «показника якості виявлення» одноканальний виявник «дружно» флуктуючого пакету когерентних імпульсів в умовах адитивної суміші корельованої та некорельованої гаусових завад.

2. Запропоновано для порівняння ефективності виявників з класу нелінійних структур використовувати показник поліпшення, який є відношенням величин сигнал/завада на виході нелінійної системи та на її вході, усереднений за всіма можливими радіальними швидкостями цілі, та проведено порівняльний аналіз потенціальної ефективності синтезованого алгоритму для різних спектрально-кореляційних параметрів адитивної суміші некорельованої та корельованої завад.

3. Удосконалено методику параметричного синтезу дискретно-адаптивних систем (ДАС) що мінімізує число режимів завадозахисту та оптимізує параметри ДАС обробки сигналів при додатковому обмеженні на величину втрат в ефективності порівняно з системами з безперервною перебудовою параметрів (СБП).

4. Удосконалено метод виявлення несинхронної імпульсної завади що

ефективно працює в умовах адитивної суміші некорельованої та потужної дискретної за відстанню корельованої завади при наявності обмежень на динамічний діапазон приймального тракту радіотехнічної системи.

В роботі показані перспективи подальшого дослідження дискретно-адаптивного виявлення сигналів у галузі радіолокації з використанням штучного інтелекту та нейронних мереж.

Дослідження в рамках даної роботи проводилися згідно з планами науково-дослідних робіт кафедри радіоелектронних і телекомунікаційних систем Навчально-наукового інституту інформаційної безпеки, радіоелектроніки та телекомунікацій Національного університету «Одеська політехніка» в рамках держбюджетної теми № 201-57 "Моделювання та оптимізація параметрів телекомунікаційних систем та мереж" (номер державної реєстрації - 0121U111053).

Отже, поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання розробки заснованих на принципі дискретної адаптації методів виявлення корисних сигналів в умовах комплексу завад, які не вимагають значних обчислювальних витрат виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Сакович А.А. повністю відповідає 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 з телекомунікації та радіотехніки.

За результатами розгляду звіту подібності щодо перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, встановлено, що дисертаційна робота Сакович Анастасії Андріївни 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 джерела. Принципи академічної доброчесності дотримані.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Це дозволяє повною мірою ознайомитися з отриманими результатами та аргументацією автора. Кожен

розділ є логічним продовженням попереднього, а загальна структура роботи сприяє глибокому розумінню досліджуваної проблематики та запропонованих рішень.

Структура дисертації логічна, матеріал доповнено доступними поясненнями, наведено достатню для розуміння і сприйняття роботи кількість ілюстрацій. Висновки роботи є аргументованими. Текст роботи написано науковим стилем мовлення з використанням загальноприйнятої термінології із галузі електроніки, автоматизації та електронних комунікацій.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 176 сторінок.

У вступі розкрита актуальність теми дисертаційної роботи, що обґрунтовує необхідність вирішення задач зменшення обчислювальної та апаратної складності адаптивних алгоритмів і систем обробки сигналів в умовах складної, мінливої і апріорно невідомої завадової обстановки. Чітко сформульовані мета, об'єкт, предмет та задачі дисертаційного дослідження, що визначають його фокус та напрямки. Визначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, що підтверджують внесок роботи у розвиток галузі. Також зазначено особистий внесок дисертантки, наведено узагальнений перелік публікацій, які відображають основні результати, та короткий опис структури дисертації, що дає загальне уявлення про її зміст.

В першому розділі проведено аналіз сучасного стану питання виявлення радіолокаційних сигналів на тлі адитивної суміші впливів, що заважають, за результатами якого обґрунтовано обмеження (допущення) як на структуру системи виявлення, так і на моделі сигналу і завад, при розробці дискретно-адаптивних систем, сформульовано мету та завдання досліджень.

В другому розділі наведено результати структурного синтезу дискретно-адаптивних систем обробки когерентних N -імпульсних сигналів в умовах комплексу завад. Розроблена структурна схема дискретно-адаптивної системи, що функціонує під керуванням аналізатора завадової обстановки. У класі одноканальних з доплерівської частоти виявників гаусового сигналу на тлі адитивної суміші некорельованої та корельованої гаусових завад та за обмежень на дружні флуктуації імпульсів в пакеті, розроблено оптимальний для цих умов інваріантний до доплерівських зрушень фаз сигналу алгоритм виявлення. Доведено, що синтезований алгоритм є оптимальним за критерієм усередненого по φ_c відношення правдоподібності, а також оптимальним за критерієм максимуму усередненого по φ_c «показника якості виявлення» при вирішенні задачі виявлення гаусового сигналу, що «дружно» флуктує, в умовах гаусових завад.

Проведено порівняльний аналіз ефективності розробленого алгоритму з

ефективністю оптимального багатоканального алгоритму для повністю відомого сигналу та з потенційною ефективністю алгоритму формуючого статистику Готелінга для різних спектрально-кореляційних параметрів адитивної суміші корельованої та некорельованої завад.

В третьому розділі наведено результати параметричного синтезу дискретно-адаптивних систем обробки сигналів на тлі завад. Для цього запропонована двоетапна методика синтезу дискретно-адаптивної системи обробки сигналів що передбачає мінімізацію числа режимів завадозахисту і оптимізацію параметрів ДАС в умовах гаусових завад. Проведено параметричний синтез одноканальної з доплерівської частоти сигналу ДАС, в якій для скорочення числа режимів був збережений безперервний характер адаптації до аргументу кореляційної функції завади. Показано, що синтезована, відповідно до розробленої методики ДАС, для заданих обмежень на максимальні втрати, дозволяє, при порівняно невеликому числі режимів завадозахисту, забезпечити, в припущенні безпомилкової класифікації завадової обстановки, незначні середні щодо СБП втрати в ефективності обробки сигналів на фоні адитивної суміші некорельованої і унімодальної корельованої завад.

У четвертому розділі вирішенні питання синтезу і аналізу ефективності оптимальних і квазіоптимальних алгоритмів розпізнавання класів завад для керування режимами ДАС. Для ідентифікації елементу дозволу за дальністю ураженого несинхронною імпульсною завадою розроблено алгоритм виявлення цієї завади що може ефективно функціонувати в умовах адитивної суміші некорельованої та потужної дискретної за відстанню корельованої завади при наявності обмежень на динамічний діапазон приймального тракту СПВІ. На основі розроблених алгоритму розпізнавання класів корельованих завад, алгоритму виявлення імпульсної завади, а також відомого оптимального алгоритму вимірювання доплерівської фази завади, запропонована структурна схема пристрою, що дозволяє вирішити задачу керування режимами ДАС.

У п'ятому розділі з використанням методу статистичного моделювання проведено порівняльне дослідження ефективності ДАС у динамічному режимі. Запропоновано методику векторної оптимізації дискретно-адаптивних систем в умовах апріорної невизначеності спектрально-кореляційних характеристик завад з використанням критерію «ефективність-витрати». За її допомогою проведено вибір варіанту побудови системи виявлення корисного сигналу на тлі адитивної суміші унімодальної корельованої і некорельованої завад.

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 висвітлено у 13 наукових публікаціях, серед яких чотири статті що опубліковано у виданнях, включених до Переліку фахових видань України категорії «Б» та індексуються у міжнародних наукометричних базах даних (зокрема, Index Copernicus International, Ulrich's Periodicals Directory, Electronic Journals Library, Google Scholar), що відповідає вимогам МОН України до здобуття ступеня доктора філософії.

Результати дослідження були апробовані у 9-ми тезах на Міжнародних наукових конференціях.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. В розділі 2 алгоритми виявлення синтезовано за припущенням, що завади мають гаусову щільність розподілу. Однак у реальних умовах, віддзеркалення, зокрема, від морської поверхні, можуть характеризуватися негаусовою статистикою через наявність хвиль, бризок та локальних неоднорідностей. Тому ефективність алгоритму, а саме ймовірність правильного виявлення та рівень хибних тривог, може суттєво відрізнятись від теоретичних значень, отриманих для гаусової моделі. Це обмежує адекватність застосування алгоритму в морських умовах і потребує додаткової перевірки або адаптації для негаусових моделей завад.

2. В розділі 4 для вибору інформативних ознак не застосовувалися формалізовані математичні критерії. Внаслідок цього, відбір ознак здійснювався без кількісної оцінки їхньої інформативності, взаємної кореляції та внеску у розділення класів. Для підвищення обґрунтованості вибору ознак доцільно використовувати математичні критерії оптимізації та методи аналізу статистичної структури даних типу перетворення Карунена–Лоева.

3. В розділі 5 не чітко визначено сутність коефіцієнта оцінки об'єму статичної оперативної пам'яті, яка потрібна для реалізації блоку пам'яті класифікатора завадової обстановки і блоку пам'яті для зберігання векторів вагових коефіцієнтів матриць обробки дискретно-адаптивної системи.

4. Опис і графічне подання результатів статистичного моделювання в розділі 5 (масштаб рисунків, система позначень) затрудняють сприйняття і розуміння отриманих результатів (рис. 5.1 а, б, в, г).

5. У висновках по роботі відсуне загальне формулювання науково-прикладної задачі, яка вирішувалась в дисертації.

6. У тексті дисертації зустрічаються поодинокі друкарські помилки

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 здобувачки ступеня доктора філософії Сакович Анастасії Андріївни на тему «Дискретно-адаптивні алгоритми обробки сигналів в умовах комплексу завад» 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, автоматизація та електронні комунікації». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп. 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.

Здобувачка Сакович Анастасія Андріївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» за спеціальністю 172 «Електронні комунікації та радіотехніка».

Офіційний опонент:
професор кафедри «Електронні
комплекси судноводіння»
Національного університету
«Одеська морська академія»
д.т.н., професор

Олександр ШИШКІН