

РЕЦЕНЗІЯ

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

Забезпечення якісних показників виявлення радіолокаційних цілей, що низько летять, в умовах наростаючих терористичних викликів пов'язано з ускладненням і інтелектуалізацією систем вилучення інформації (СВІ). Підвищення завадостійкості СВІ і вдосконалення засобів радіоелектронної боротьби вимагають розробки ефективних систем завадозахисту, що мають високу інформативність та можуть працювати в умовах комплексу різнорідних заважаючих впливів. В умовах мінливої та апіорно невідомої завадової обстановки рішення, які реалізують складні адаптивні оптимальні багатовимірні алгоритми, через їх високу технічну складність, не доцільно використовувати в мобільних радіолокаторах, для яких більш прості підоптимальні алгоритми виявлення є більш затребуваними за технічними та економічними параметрами. Одним із шляхів вирішення цього завдання є використання дискретно-адаптивних алгоритмів обробки сигналів, що реалізуються у вигляді сукупності неадаптивних режимів, що перемикаються в залежності від результатів аналізу завадової обстановки. Тому дослідження спрямовані на підвищення ефективності виявлення цілей з використанням дискретної адаптації в умовах комплексу заважаючих впливів, що містить некорельовану, корельовану та імпульсну завади є актуальними та своєчасними.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Достовірність і обґрунтованість наукових результатів забезпечується застосуванням апробованого науково-методичного апарату, що був використаний для досягнення поставлених в роботі завдань, а також детальним описом проведеного статистичного моделювання.

Оцінка працездатності запропонованих у дисертаційній роботі методів та математичного апарату здійснювалася шляхом моделювання із використанням пакету прикладних програм для числового аналізу. Результати статистичного

моделювання підтвердили працездатність запропонованих алгоритмів.

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).

Наукова новизна отриманих результатів полягає у такому:

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 що мінімізує число режимів завадозахисту та оптимізує параметри дискретно-адаптивної системи обробки сигналів при додатковому обмеженні на величину втрат в ефективності порівняно з системами з безперервною перебудовою параметрів. За даною методикою проведено синтез одноканальної за доплерівською частотою сигналу дискретно-адаптивної системи, в якій, для скорочення числа режимів було збережено безперервний характер адаптації до аргументу кореляційної функції завади. Показано, що синтезована дискретно-адаптивна система для заданих обмежень на максимальні втрати дозволяє, при порівняно невеликій кількості режимів завадозахисту забезпечити, у припущенні безпомилкової класифікації завадової обстановки, незначні середні щодо системи з безперервною перебудовою параметрів втрати в ефективності обробки сигналів на тлі адитивної суміші некорельованої та унімодальної корельованої завад.

4. Розроблено 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.

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

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання, а саме удосконалення методів дискретно-адаптивного виявлення сигналів в умовах комплексу завад, виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологію 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 телекомунікацій та радіотехніки.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, 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 відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Текст дисертації характеризується смисловою завершеністю, доступністю викладення, цілісністю й логічною послідовністю. Дисертація написана з використанням сучасного наукового стилю, що склався в технічних науках та, в основному, термінології, яка є прийнятою у науковому напрямку, до якого відноситься дисертація.

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 апаратурної складності адаптивних алгоритмів и систем обробки сигналів в умовах складної, мінливої і апіорно 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.

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

У *другому* розділі наведено результати структурного синтезу дискретно-адаптивних систем обробки когерентних N -імпульсних сигналів в умовах комплексу завад.

У *третьому* розділі наведено результати параметричного синтезу дискретно-адаптивних систем обробки когерентних N -імпульсних сигналів в умовах адитивної суміші корельованої і некорельованої завад.

У *четвертому* розділі вирішенні питання синтезу і аналізу ефективності оптимальних і квазіоптимальних алгоритмів розпізнавання класів завад для 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 критерія «ефективність-витрати». З 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

Основні результати дисертації висвітлено у наукових публікаціях, зокрема у чотирьох статтях які 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 апробовано у 9-ми тезах на Міжнародних наукових конференціях.

Рівень наукових публікацій здобувача характеризується високою якістю: результати досліджень викладені в статтях із детальним обґрунтуванням та описом наукових досліджень з відповідними посиланнями та зазначенням особистого внеску, що свідчить про повне дотримання принципів академічної доброчесності.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Здебільшого перевантажений перший розділ, у якому здобувач проводить аналіз сучасного стану питання виявлення радіолокаційних сигналів на тлі адитивної суміші заважаючих впливів.

2. Порівняння ефективності за критерієм «ефективність-витрати» дискретно-адаптивних систем проводиться з системами що реалізують прямі методи адаптації. Доцільно було провести порівняння їх ефективності з адаптивними системами на основі решітчастої структури, в яких виключаються операції оцінювання та звернення коваріаційних матриць, що дозволяє істотно зменшити обчислювальну складність таких систем.

3. При дослідженні ефективності розпізнавання класів завад не розглянуто роботу класифікатора завад в умовах некласифікованої навчальної виборки.

4. При конкретизації показника витрат, що входить до формули (5.2) для систем виявлення, які функціонують в умовах складної завадової обстановки, доцільно включити коефіцієнт що враховує помилки квантування вхідних вибірок системи завадозахисту

5. Хоча робота в цілому написана правильною мовою, зустрічаються окремі випадки, де зв'язність певних речень могла б бути покращена для більш плавного та чіткого донесення думки.

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».

Рецензент:

Директор Інституту інформаційної безпеки,
радіоелектроніки та телекомунікацій
Національного університету «Одеська
політехніка», к.т.н., доцент

Олександр ТРОЯНСЬКИЙ