



МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ
УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ
імені ІВАНА КОЖЕДУБА

Код 24980799

“Дн” *Од* 2021 р.
№ 350/146/01-246/МЗЧН/е

61023, м. Харків, вул. Сумська, 77/79

Голові спеціалізованої вченої ради
Д.64.052.03 Харківського національного
університету радіоелектроніки

д.т.н., професору Карташову В.М.

61166, м. Харків, пр. Науки, 14

ВІДГУК

офіційного опонента начальника кафедри
радіоелектронних систем пунктів управління Повітряних Сил
Харківського національного університету Повітряних Сил

імені Івана Кожедуба, доктора технічних наук, професора Василишина В.І.
на дисертаційну роботу Рачкова Дмитра Сергійовича ''Уніфіковані системи
міжперіодної обробки та оцінювання параметрів сигналів доплерівських
метеорадіолокаторів із довільними законами зондування'', яка подана на
здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

Актуальність теми досліджень

Актуальність теми роботи Рачкова Дмитра Сергійовича ''Уніфіковані системи міжперіодної обробки та оцінювання параметрів сигналів доплерівських метеорадіолокаторів із довільними законами зондування'' обумовлюється широким застосуванням доплерівських метеорадіолокаторів (ДМРЛ) для отримання інформації про місце розташування і переміщення хмарних утворень, місця виникнення зон інтенсивних опадів, фіксації зон небезпечних явищ, у тому числі гроз, градів, шквалів, стеження за їх розвитком і переміщенням. Це дозволяє підвищити безпеку польотів авіації.

Системи первинної міжперіодної обробки (МПО) відіграють важливу роль як в традиційних так і в доплерівських радіолокаційних станціях. Багато операцій МПО пов'язані з обчисленням певних функцій кореляційної матриці (КМ) міжперіодних флюктуацій відбиттів зондувального сигналу радіолокатору. Уніфікація систем МПО доцільна на єдиній структурно-алгоритмічній базі універсальних адаптивних решітчастих фільтрів (АРФ).

ХНУРЕ
Вхідний № 01/27-310
“26” 02 2021 р.

АРФ забезпечують простоту практичної реалізації та обчислювальну стійкість результатів.

Тому актуальною є робота, пов'язана з синтезом на основі АРФ уніфікованих систем первинної МПО сигналів ДМРЛ.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів забезпечується вибором адекватних математичних моделей, коректним використанням математичного апарату, обґрунтованим вибором припущень і обмежень, відсутністю протиріччя між отриманими і відомими результатами досліджень вчених, які займаються розробкою ДМРЛ, широкою апробацією результатів.

Наукова новизна одержаних результатів

До нових наукових результатів, отриманих автором в ході проведених досліджень, вважаю за доцільне, віднести наступні:

1. Вперше отримано аналітичні та емпіричні законі розподілу помилок оцінок середньої потужності, середньої радіальної швидкості та ширини спектру відбиттів від метеорологічних утворень для ДМРЛ із довільними (постійними і вобульованими) інтервалами зондування. Це дозволило порівняти ряд оцінок параметрів метеорологічних утворень (МУ) на основі законів їх розподілу, а не лише моментів відповідних розподілів та за результатами порівняння обґрунтувати нові оцінки із кращими у порівнянні з відомими характеристиками точності.

2. Набули подальшого розвитку адаптивні методи оцінювання параметрів метеорологічних утворень у ДМРЛ С- діапазону хвиль, а саме:

– синтезовано модифікацію методу парних імпульсів для ДМРЛ із поімпульсно та попачково вобульованими інтервалами зондування, яка порівняно з відомим методом дозволяє розширити діапазон однозначного оцінювання радіальної швидкості відбиттів від МУ до ± 50 м/с або більшого;

– синтезовано модифікацію методу вимірювання ширини доплерівського спектру швидкостей відбиттів від МУ в ДМРЛ із постійними і вобульованими інтервалами зондування, у якій на відміну від відомих методів ширина доплерівського спектру швидкостей (ДСШ) оцінюється не за двома коефіцієнтами міжперіодної кореляції відліків відбиттів, а за одним усередненим за пачкою коефіцієнтом кореляції Берга. Це дозволяє спростити процедуру оцінювання, зменшити її помилки та уникнути комплексних оцінок ширини спектру МУ, які можуть давати відомі алгоритми на основі двох коефіцієнтів кореляції в умовах вибірок даних скінченного об'єму.

3. Для імпульсних ДМРЛ С- діапазону хвиль набули подальшого розвитку відомі та синтезовано нові методи оцінювання параметрів МУ на фоні відбиттів від предметів місцевості та точкових за дальностю повітряних об'єктів (ПО), які є завадовими:

– запропоновано метод синтезу фільтру подавлення відбиттів від нерухомих предметів місцевості, які є пасивними завадами, що на відміну від відомих дозволяє гнучко регулювати ширину і глибину зони режекції та не змінювати структуру фільтру при зміні параметрів місцевих предметів;

– запропоновано метод оцінювання параметрів МУ на фоні відбиттів від рухомих точкових ПО, який на відміну від відомих полягає в попередньому виявленні сигналів точкових об'єктів на фоні МУ і подальшому виключенні сигнальних векторів з вибірки відбиттів від МУ, що дозволяє забезпечити необхідну точність оцінювання метеорологічних параметрів;

– запропоновано процедуру стрічково-діагональної регуляризації максимально правдоподібних оцінок кореляційних матриць завадових відбиттів, яка порівняно з відомими методами адаптивної обробки дозволяє забезпечити більш високу енергетичну швидкодію синтезованих квазіоптимальних систем МПО сигналів точкових ПО на фоні МУ в умовах вибірок даних малого об'єму;

– вперше на основі аналітичних та емпіричних законів розподілу кількісно проаналізовано вплив відбиттів, що є завадовими, на точність оцінювання параметрів МУ на фоні відбиттів та ефективність запропонованих методів їх подавлення.

4. Вперше для ДМРЛ С- діапазону хвиль із довільними інтервалами зондування синтезовано уніфіковану систему первинної МПО сигналів, яка на відміну від відомих будується на єдиній структурно-алгоритмічній основі АРФ, що настроюються за рекурентними алгоритмами R -рангової модифікації параметрів, а спільні операції МПО виконуються лише раз. Це дозволяє спростити систему міжперіодної обробки, забезпечити високу точність оцінювання параметрів МУ та знизити обчислювальні затрати.

Цінність отриманих результатів для науки і практики полягає в тому, що в роботі отримано наступні нові результати, які мають практичне значення:

– рекомендації з вибору принципу і кратності вобуляції інтервалів зондування ДМРЛ і об'єму навчаючої вибірки відбиттів,

- рекомендації з вибору методів оцінювання коефіцієнту міжперіодної кореляції відбиттів від МУ та енергетичних і доплерівських параметрів МУ, які забезпечують робастне вимірювання параметрів МУ із заданою точністю;
- метод синтезу неадаптивного фільтру подавлення відбиттів від предметів місцевості, які є пасивними завадами, який має регульовані ширину і глибину зони режекції, забезпечує ефективне подавлення завад;
- рекомендації з вибору параметрів стрічково- діагональної регуляризації оцінок максимальної правдоподібності КМ відбиттів, що є завадовими, на основі принципу "очікуваної правдоподібності", які забезпечують високу швидкодію систем МПО гаусівських сигналів на фоні гаусівських завад в умовах вибірок даних малого об'єму;
- алгоритм і програма квазіоптимальної МПО когерентних пачкових сигналів на фоні гаусівських завад на основі АРФ, що настроюється за "послідовним" рекурентним алгоритмом R- рангової модифікації, які дозволяють реалізувати обробку у режимі реального часу на базі цифрового сигнального процесору;
- рекурентні методи і схеми оцінювання параметрів МУ, які забезпечують низьку обчислювальну складність системи МПО сигналів ДМРЛ;
- рекомендації щодо побудови систем первинної МПО сигналів ДМРЛ на уніфікованій основі АРФ, які спрощують обробку за рахунок виконання спільних її операцій лише один раз.

Оцінка змісту дисертації та відповідності змісту дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту

Побудова дисертації логічна, матеріал викладено послідовно і продумано, з чітким розумінням мети і завдань досліджень. Розбиття дисертації на розділи та підрозділи виконано обґрунтовано, назви їх чіткі та відображають зміст відповідних структурних одиниць. Дисертація написана технічно грамотною мовою.

Розроблені моделі і методи досліджень, наукові положення, висновки і практичні рекомендації з достатньою повнотою викладені в опублікованих за темою дисертації роботах. Результати досліджень апробовані на міжнародних наукових конференціях.

Автореферат повністю характеризує роботу, описує її зміст, актуальність поставлених задач. В ньому вказується на зв'язок роботи з державними науковими програмами, планами, темами. Описується мета та завдання досліджень, об'єкт та предмет, методи дослідження, наукова новизна і практичне значення отриманих результатів. При аналізі публікацій в авторефераті вказується особистий внесок автора у кожній з них.

Наводяться дані впровадження та апробації результатів дисертаційного дослідження. Зміст автореферату повністю відповідає змісту дисертаційної роботи. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи, за якою вона подається до захисту.

Повнота викладення наукових і прикладних результатів дисертації в опублікованих роботах

Основні результати дисертаційної роботи відображені у 9 опублікованих особисто і у співавторстві статтях в збірниках наукових праць, що входять до переліку ДАК МОН України. У Scopus відображено 7 робіт.

Основні наукові результати дисертаційних досліджень одержані здобувачем особисто. Апробація результатів дисертаційних досліджень була проведена на відомих науково-технічних конференціях і семінарах, що відображено автором в авторефераті та дисертації.

Зміст та оформлення автореферату та дисертації відповідають встановленим вимогам.

Зауваження по роботі

1. При формулюванні у п. 1.3.1 математичної моделі вхідних сигналів системи міжперіодної обробки ДМРЛ здобувачем робиться припущення, що відбиття від рухомих точкових за дальністю повітряних об'єктів можуть бути присутні тільки в одному з векторів вибірки даних, за якою оцінюються метеопараметри. Кількість таких уражених завадовими відбиттями векторів було б доцільніше пов'язати з роздільною здатністю за дальністю певного зразка ДМРЛ і фізичними розмірами конкретних типів повітряних об'єктів, що досліджувалися, так як в залежності від співвідношення цих величин число таких векторів може бути різним.

2. При вирішенні задачі подавлення пасивних завад у вигляді відбиттів від нерухомих предметів місцевості (п. 2.3) у дисертації основна увага приділяється фільтровим методам, що полягають у перетворенні вхідних векторів системи МПО ДМРЛ у неадаптивних фільтрах зі скінченною імпульсною характеристикою, включених на вході системи МПО. Проте, у деяких існуючих ДМРЛ наземного базування цю задачу також вирішують шляхом застосування карт предметів місцевості (Ground Clutter Maps), які обчислюються заздалегідь для конкретного місця встановлення ДМРЛ для різних пір року, часу доби і погодних умов, а потім використовуються під час метеоспостережень. Проте порівняння ефективності зазначеного підходу з ефективністю запропонованих у роботі методів не здійснено.

3. У п. 2.4.3.2 дисертації аналізується енергетична швидкодія чотирьох алгоритмів адаптації за критерієм втрат відношення сигнал/(завада+шум) на

виході адаптивного лінійного фільтру обробки порівняно з максимальним значенням, що досягається у випадку оптимальної обробки. При цьому кількісно демонструється можливість підвищення енергетичної швидкодії за вказаним критерієм шляхом використання можливої априорної інформації про специфіку структури кореляційних матриць вхідних векторів фільтру обробки, зокрема, про їхню тепліцеву структуру. Запропоноване рішення на основі адаптивних решітчастих фільтрів із тепліцевими алгоритмами налагодження має високу ефективність за обраним критерієм. Проте не здійснене порівняння ефективності запропонованого підходу з ефективністю більш простих (із усередненням априорі однакових елементів відповідних піддіагоналей КМ) та більш складних методів (із реконструкцією матриці, оберненої до тепліцевої КМ, за формулою Гохберга-Семенчула).

4. У розділі 3 дисертації в якості спільної структурно-алгоритмічної бази, на якій доцільно втілювати запропоновані алгоритми первинної міжперіодної обробки метеосигналів, здобувачем рекомендується використовувати адаптивні решітчасті фільтри. Проте задачі, пов'язані з обчисленням функцій від кореляційних матриць вхідних сигналів системи МПО, можливо вирішувати і на інших структурно-алгоритмічних основах, зокрема, автокомпенсаторах з послідовною декореляцією вхідних сигналів, а також фільтрах зі стрічковими матричними імпульсними характеристиками, що будуються на основі багатоканальних (по розміру стрічки) вагових суматорів, систолічних масивах процесорних елементів. Разом з тим, порівняння обчислювальної складності і стійкості запропонованих рішень на основі АРФ з такими ж показниками вказаних варіантів структурно-алгоритмічної бази.

5. У роботі присутні деякі стилістичні та орфографічні помилки,

Зазначені недоліки не є принциповими і тому не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

Висновок

Дисертаційна робота "Уніфіковані системи міжперіодної обробки та оцінювання параметрів сигналів доплерівських метеорадіолокаторів із довільними законами зондування" Рачкова Дмитра Сергійовича є завершеною науково-дослідною роботою, в якій розв'язана актуальна наукова задача.

Поставлені часткові задачі, наукові положення, висновки та рекомендації, наведені у роботі обґрунтовані та аргументовані.

Дисертаційна робота відповідає вимогам "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України,

а її автор Рачков Дмитро Сергійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

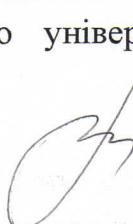
Офіційний опонент

Начальник кафедри радіоелектронних систем пунктів управління Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

доктор технічних наук професор

22 02 2021 р.

Володимир ВАСИЛИШИН



Підпис офіційного опонента
доктора технічних наук професора
Василишина В. І. засвідчує

ТВО заступника начальника Харківського національного університету
Повітряних Сил з наукової роботи
кандидат технічних наук старший науковий співробітник

23 02 2021 р.



Олег МІСЮРА

