

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.062.08 Національного авіаційного
університету
Віктору СИНЄГЛАЗОВУ
03058, м. Київ, проспект Любомира
Гузара, 1

ВІДГУК

офіційного опонента – доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри інформаційних систем та технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка **Дружиніна Володимира Анатолійовича**, на дисертаційну роботу **Бокал Жанни Миколаївни** виконану на тему: «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 - Радіотехнічні та телевізійні системи

Актуальність. Розвиток обчислювальних ресурсів, включаючи зростання потужності сучасних процесорів та використання паралельних обчислень, робить можливим використання більш складних алгоритмів у реальному часі. Непараметричні алгоритми, які можуть потребувати більше обчислювальних ресурсів, стають все більш доступними для практичного застосування завдяки цим технологічним досягненням. Робота авторки спрямована на підвищення точності вимірів та ефективності локаційних систем, що є надзвичайно важливим для різних галузей, включаючи метеорологію та управління повітряним рухом.

Дисертаційна робота Бокал Ж.М. що подана до розгляду в спеціалізовану вчену раду Д 26.062.08 вирішує актуальне науково-практичне завдання щодо

сучасних системи прогнозування погоди, які потребують обробки великих обсягів даних з різних джерел, таких як супутники, наземні станції та радіолокаційні системи. Розв'язання завдання, яка полягає в необхідності створення ефективних алгоритмів обробки широкосмугових сигналів в умовах апріорної невизначеності та впливу завад з невідомими характеристиками вимагає розробки відповідних підходів, методів та алгоритмів для сучасних радіолокаційних систем дистанційного зондування атмосфери.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі. Дисертаційну роботу Бокал Ж.М., поданої до розгляду, можна характеризувати, як достатньо обґрунтовану наукову базу, що має чіткий структурний вигляд. Авторка спирається на наукові дослідження вітчизняних та закордонних вчених в галузі виявлення широкосмугових випадкових сигналів при дистанційному зондуванні. Для досягнення мети в дисертаційній роботі вирішувалися взаємопов'язані завдання, що стали основою для розробки функціональної моделі непараметричних алгоритмів обробки локаційної інформації для підвищення точності і надійності виявлення сигналів в умовах дистанційного зондування атмосфери, зокрема для радіотехнічних систем, що використовують широкосмугові випадкові сигнали. У роботі вперше синтезовано непараметричні алгоритми виявлення сигналів для шумових та пасивних МІМО локаторів, а також алгоритм виявлення сигналу шумового локатора відбитого від цілі з невідомою доплерівською швидкістю. Положення роботи підтверджуються чисельним моделюванням та експериментальними дослідженнями. Це включає в себе експериментальну перевірку синтезованих алгоритмів на реальних сигналах, що підтверджує обґрунтованість наданих в дисертації висновків. Робота базується на сучасних статистичних методах обробки інформації, таких як теорія ядерних оцінок та алгоритмах перевірки гіпотез і максимального правдоподібного оцінювання. Використання цього науково-методичного апарата значно підвищує ступінь

обґрунтованості наукових положень, оскільки вони забезпечують точний аналіз даних у складних умовах апріорної невизначеності та наявності шумів. Практичне значення результатів дослідження, яке обумовлюється можливістю застосування розроблених алгоритмів у реальних системах дистанційного зондування, прогнозування погоди та екологічного моніторингу, свідчить про обґрунтованість та актуальність наукових положень роботи. Таким чином, наукові положення, сформульовані у дисертації, є обґрунтованими, як з точки зору теоретичного аналізу, так і на основі експериментальних перевірок, що значно підвищує їхню наукову цінність та практичну значущість.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується доцільністю застосування математичного та статистичного аналізу, математичних методів синтезу алгоритмів виявлення радіолокаційних сигналів, математичним моделюванням сигналів, завад і функціонування радіолокаційних пристроїв, що використовують запропоновані алгоритми виявлення сигналів, а також їх експериментальною перевіркою з використанням фізичної моделі локатора. Достовірність наукових висновків дисертаційної роботи підтверджується коректним формулюванням наукового завдання, збором достатньої кількості експериментальних даних, результатами моделювання та прогнозування, застосування отриманих результатів у практичній діяльності.

Наукова новизна одержаних результатів обумовлена розробкою теоретичних та практичних засад, а також наукових підходів до побудови алгоритмів обробки локаційної інформації, а саме:

- синтезовано параметричні алгоритми виявлення сигналів для пасивних та шумових МІМО локаторів та параметричний алгоритм виявлення сигналу шумового локатора, відбитого від цілі з невідомою доплерівською швидкістю;
- запропоновано та доведено доцільність використання копулярної функції невизначеності для широкосмугового пасивного локатора;

- синтезовано непараметричний алгоритм виявлення сигналу шумового локатора, відбитого від цілі з невідомою доплерівською швидкістю;
- запропоновано новий варіант радіолокаційної функції невизначеності – копулярна функція невизначеності;
- визначені перспективи подальшого розвитку непараметричних алгоритмів виявлення сигналів з апріорно невідомою щільністю розподілу. Ці алгоритми дозволяють ефективно працювати в умовах невизначеності, забезпечуючи більш точне і надійне виявлення корисних сигналів.

Повнота викладення основних положень дисертації в опублікованих працях. За результатами дослідження опубліковано 15 наукових праць в виданнях, матеріалах і тезах доповідей, на конференціях, у тому числі за кордоном; 8 з яких з індексацією в наукометричній базі Scopus одна з них у виданні з квантилем Q3, що дорівнює 2 публікаціям; 7 наукових публікацій у вітчизняних виданнях.

Практичне значення результатів дослідження полягає у наступному.

Удосконалено концепцію широкосмугової функції невизначеності, яка враховує умови апріорної невизначеності перешкод і використовує поняття копули для більш точного моделювання та аналізу сигнальних характеристик у радіолокаційних системах.

Розроблено методики ядерних оцінок для копули, які дозволяють будувати оцінки спільних розподілів на основі обмежених даних. Це важливий інструмент для аналізу багатовимірних залежностей і виявлення сигналів у складних умовах.

Синтезовано непараметричні алгоритми виявлення сигналів для шумових та пасивних МІМО локаторів, а також непараметричний алгоритм виявлення сигналу шумового локатора, відбитого від цілі з невідомою доплерівською швидкістю.

Отримані результати дисертаційної роботи надають можливість: підвищити точність вимірювань метеорологічних параметрів, для одержання вертикального доплерівського зрізу атмосфери, що дозволяє вимірювати швидкість вітру і

напрямок вітру в різних недоступних для звичайних метеорологічних методів точках атмосфери; підвищити ефективність систем дистанційного зондування атмосфери; підвищити просторову роздільну здатність та точність вимірювань у радіолокаційних системах.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності і відповідності встановленим вимогам. Дисертаційне дослідження авторки є індивідуальним, оригінальним та вичерпним науковим дослідженням в межах якого успішно розв'язане актуальне наукове завдання.

Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, п'яти розділів, висновків по роботі та списку використаних джерел. Матеріали роботи викладені на 140 сторінках та містять 79 рисунків. Перелік використаних джерел становить 52 найменування.

У вступі обґрунтована актуальність і своєчасність проведеного дослідження, сформульовано мету, об'єкт, предмет та наукове завдання дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Важливість і практична цінність дослідження підкреслена зв'язком роботи з науковими програмами, підтверджено достовірність отриманих результатів та особистий авторський внесок. Також подана інформація про публікації автора по темі дослідження, наведена загальна структура роботи.

В першому розділі розглянуті широкосмугові сигнали та їх застосування в радіолокаційних системах. Проаналізовано властивості та переваги використання широкосмугових сигналів порівняно з традиційними вузькосмуговими сигналами, а також виклики, пов'язані з генерацією, передачею та виявленням сигналів. Виявлені переваги використання широкосмугових сигналів, які полягають у підвищенні інформаційної місткості і роздільної здатності системи при їх використанні. Проведено огляд існуючих технологій дистанційного зондування атмосфери за допомогою локаційних засобів та їх ефективності.

У другому розділі запропоновані параметричні алгоритми виявлення сигналів у локаторах з широкосмуговими випадковими сигналами. Описано моделі виявлення сигналів і синтез таких алгоритмів. Моделі для виявлення сигналів достатньо добре структуровані та логічно представлені.

В третьому розділі авторкою досліджені непараметричні алгоритми для виявлення випадкових широкосмугових сигналів з використанням оцінок інтегральної функції розподілу ймовірності. Математичне обґрунтування непараметричних методів є ретельним та добре документованим. Однак деякі докази та виведення подані надто стисло, що вимагає від читача звертатися до додаткових зовнішніх джерел.

В четвертому розділі запропоновано концепцію копулярної радіолокаційної широкосмугової функції невизначеності та її застосування у виявленні та аналізі сигналів. Представлено теоретичні основи та запропоновані нові методи локації на основі цієї концепції. Математичні основи копулярних функцій достатньо повно описані, але їх застосування для радіолокаційної обробки сигналів є складним і може вимагати додаткових пояснень. В розділі запропонований інноваційний підхід опрацювання радіолокаційної інформації, який передбачає використання копулярних функцій в процесі обробки сигналів.

В п'ятому розділі представлено опис експериментальної установки для звукового локатора та вимірювання, одержані при використанні цієї системи. Опис включає дизайн, реалізацію та аналіз отриманих експериментальних результатів. В розділі доцільно було б деталізувати обмеження і можливі джерела помилок при проведенні експерименту.

Висновки висвітлюють стан і рівень виконання поставлених завдань, об'єктивно відображають новизну і практичну цінність отриманих авторкою результатів, є логічно зв'язними та обґрунтованими.

Зміст автореферату є ідентичним до змісту дисертації та достатньою мірою відображає основні наукові та практичні положення дисертаційного дослідження.

Дисертація є завершеною науковою працею.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

1. Аналіз багатовимірних розподілів випадкових величин, проведений авторкою у своєму дисертаційному дослідженні заснований на концепції копул. В той же час в авторефераті відсутні пояснення, чому саме цей підхід було обрано?

2. У формулах 2.1, 2.2 та 3.1, які наведені в авторефераті, авторкою не надано пояснень щодо наведених функцій та їх аргументів.

3. В роботі відсутнє обґрунтування доцільності обрання саме МІМО-архітектури для застосування запропонованих авторкою непараметричних алгоритмів у шумових локаторах.

4. У роботі авторкою використані ядерні оцінки характеристичної функції, але з автореферату не зрозуміло, які саме переваги при виконанні дослідження забезпечує такий підхід?

5. Непараметричні алгоритми мають очевидні переваги, пов'язані з відмовою від апріорних статистичних моделей завад, але було б доцільно проаналізувати, наскільки відрізняються результати, отримані при використанні непараметричних алгоритмів у порівнянні з результатами, що забезпечують оптимальні параметричні алгоритми, за припущення, що завадова ситуація відповідає моделі.

6. Не зрозуміло, яким чином авторкою реалізовані алгоритми для виявлення сигналів з невідомою доплерівською складовою, і як це впливає на роздільну здатність та точність шумових локаторів?

7. Слід зазначити, що в тексті дисертації авторкою використовується термін «перешкода» у значенні завадових полів, коливань, напруг або струмів на тлі яких здійснюється розв'язання задач радіолокації. На мою думку тут більш прийнятним є термін «завада».

ВИСНОВОК. Дисертаційна робота БОКАЛ Жанни Миколаївни на тему «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 «Радіотехнічні та телевізійні системи» включає самостійні авторські висновки і результати, які мають наукове підґрунтя і були успішно інтегровані для практичного використання в науково-дослідницьких роботах та навчальному процесі для вдосконалення існуючих та розробки нових систем радіолокації, що застосовуються у метеорології, аерокосмічних системах управління та інших областях.

Отримані результати дослідження, представлені авторкою вирішують актуальне науково-практичне завдання, яке полягає в розробці непараметричних алгоритмів обробки локаційної інформації для підвищення точності і надійності виявлення сигналів в умовах дистанційного зондування атмосфери, зокрема для радіотехнічних систем, що використовують широкосмугові випадкові сигнали.

Дисертаційне дослідження є закінченою науковою роботою на актуальну тему, науково підтвержені теоретичні та практичні висновки, що відзначаються особистим внеском автора в галузь науки.

Дисертаційна робота БОКАЛ Жанни Миколаївни на тему «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери», за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною, змістом та оформленням відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 «Радіотехнічні та телевізійні системи», вимогам пункту 7,8,9 «Порядку присудження та позбавлення наукових ступенів», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013р. № 567, а її авторка БОКАЛ Жанна Миколаївна заслуговує на

присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17
«Радіотехнічні та телевізійні системи».

Опонент:

Завідувач кафедри інформаційних
систем та технологій Київського національного
університету імені Тараса Шевченка
доктор технічних наук, професор

Володимир ДРУЖИНІН

Підпис професора Володимира Дружиніна засвідчую.

Начальник відділу кадрів
КНУ ім. Тараса Шевченка
кандидат технічних наук



Олексій ІВАНЧЕНКО