

ЗАТВЕРДЖУЮ
Г. в. о ректора

Сергій ГНАТЮК

_____ 2024 року



ВИСНОВОК

Національного авіаційного університету (далі – НАУ) про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Бокал Жанни Миколаївни, поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи на тему: «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери»

ВИТЯГ

із протоколу №1

науково-технічного фахового семінару кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей Факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій Національного авіаційного університету від 13 червня 2024 року

Присутні на засіданні науково-педагогічні працівники НАУ

Синеглазов В.М., д.т.н., професор, завідувач кафедри авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів.

Сібрук Л.В., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей.

Яновський Ф.Й., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей;

Прокопенко І.Г., д.т.н., професор, професор кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем.

Уланський В.В. д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей.

Білецький А.Я., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей.

Іванов В.О., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей.

Щербина О.А., д.т.н., доцент, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей.

Габрусенко Є.І., к.т.н., доцент, доцент кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей.

Мирошниченко О.С., к.т.н, доцент, доцент кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей.

Сініцин Р.Б., к.т.н., доцент, доцент кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей.

Пітерцев О.А., к.т.н., доцент, доцент кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей.

Миколушко А.М., старший викладач кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей.

Слухали:

Доповідь здобувача кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей НАУ Бокал Жанни Миколаївни на тему «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери» поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – Радіотехнічні та телевізійні системи.

Тему дисертаційного дослідження «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери» затверджено в остаточній редакції на засіданні Вченої ради Факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій « 8 » квітня 2024 року, протокол №4.

Науковий керівник – Сініцин Рустем Борисович, к.т.н., доцент, доцент кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей.

Доповідь здобувача

Шановний голово! Шановні учасники семінару!

На Ваш розгляд виносяться результати дисертаційного дослідження на тему: «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери», поданого на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Доповідач обґрунтував актуальність обраної теми, визначив мету, завдання, методи дослідження, охарактеризував об'єкт та предмет дослідження.

Метою роботи є розробка та впровадження 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.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувались наступні завдання:

- дослідження роздільної здатності випадкових шумових широкосмугових сигналів для вимірювання дальності та швидкості;
- побудова моделей широкосмугових випадкових сигналів;
- синтез нових непараметричних алгоритмів виявлення сигналів для шумових локаторів;
- розробка методики непараметричного виявлення сигналів рухомих цілей за допомогою широкосмугового шумового локатора;
- аналіз непараметричних алгоритмів виявлення сигналу шумового локатора,

- відбитого від цілі з невідомою доплерівською швидкістю, за допомогою чисельного моделювання та експериментальна перевірка цих алгоритмів;
- дослідження копулярної радіолокаційної ширококутної функції невизначеності для аналізу та виявлення локаційних сигналів;
- проведення чисельного та експериментального моделювання роботи непараметричних алгоритмів виявлення-вимірювання для сигналів пасивного локатора;
- розробка та виготовлення експериментальних зразків та імітаційної моделі локаторів.

Об'єктом дослідження є процес обробки ширококутних випадкових радіолокаційних сигналів.

Предметом дослідження є непараметричні методи і алгоритми виявлення і вимірювання сигналів та їх використання в задачах метеорології та управління повітряним рухом.

Методи досліджень, використані в дисертаційній роботі Жанни Миколаївни Бокал, базуються на теорії статистичних методів обробки інформації. Зокрема, використовувалися такі статистичні підходи до обробки сигналів:

- Непараметричні алгоритми перевірки гіпотез і максимального правдоподібного оцінювання.
- Теорія ядерних оцінок.
- Алгоритми прийняття рішень за критерієм Неймана-Пірсона.
- Теорія рангових критеріїв.
- Методи статистичного моделювання.

Експериментальні дослідження синтезованих алгоритмів проводилися на реальних сигналах, отриманих за допомогою експериментального локатора, розробленого на кафедрі електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей Національного авіаційного університету.

Методи досліджень базуються на теорії статистичних методів обробки інформації та математичних методах обробки інформації. Використовувалися непараметричні алгоритми перевірки гіпотез і максимального правдоподібного оцінювання, теорія ядерних оцінок, алгоритми прийняття рішень за критерієм Неймана-Пірсона, теорія рангових критеріїв, а також методи статистичного моделювання. Експериментальні дослідження проводилися на реальних сигналах, отриманих за допомогою експериментального локатора, розробленого на кафедрі електроніки Національного авіаційного університету.

У дисертації розглядаються та вирішуються наступні наукові задачі. Перш за все, досліджувалася роздільна здатність випадкових шумових ширококутних сигналів для вимірювання дальності та швидкості. Для цього були побудовані відповідні моделі ширококутних випадкових сигналів, що дозволило детально проаналізувати їх поведінку в умовах реального використання. Моделювання показало, що ширококутні сигнали мають переваги у точності вимірювань порівняно з традиційними вузькосмуговими сигналами.

Наступним кроком став синтез нових непараметричних алгоритмів виявлення сигналів для шумових локаторів. Було розроблено декілька варіантів

алгоритмів, заснованих на різних методах обробки сигналів, таких як методи ядерних оцінок та алгоритми рангових критеріїв. Ці алгоритми забезпечують високу точність та надійність виявлення сигналів навіть у складних умовах зашумленості.

Одним із важливих аспектів роботи стала розробка методики непараметричного виявлення сигналів рухомих цілей за допомогою широкопasmового шумового локатора. Це дозволило значно підвищити ефективність роботи радіотехнічних систем у динамічних умовах. Алгоритми були протестовані за допомогою чисельного моделювання, що показало їх високу ефективність.

Аналіз непараметричних алгоритмів виявлення сигналу шумового локатора, відбитого від цілі з невідомою доплерівською швидкістю, проводився за допомогою чисельного моделювання. Моделювання включало оцінку параметрів сигналу та його обробку за допомогою розроблених алгоритмів. Крім того, були проведені експериментальні дослідження для перевірки ефективності запропонованих алгоритмів. Експерименти проводилися на реальних сигналах, отриманих за допомогою експериментального локатора, розробленого на кафедрі електроніки Національного авіаційного університету.

Особливу увагу було приділено дослідженню копулярної радіолокаційної широкопasmової функції невизначеності, яка використовується для аналізу та виявлення локаційних сигналів. Копулярний підхід дозволив врахувати взаємозалежності між різними параметрами сигналу, що значно підвищило точність виявлення. Було проведено чисельне та експериментальне моделювання роботи непараметричних алгоритмів виявлення-вимірювання для сигналів пасивного локатора, що підтвердило їх ефективність на практиці.

У процесі роботи були розроблені та виготовлені експериментальні макети локаторів, що дозволило впровадити отримані результати у практику. Експериментальні дослідження показали, що розроблені алгоритми забезпечують високу точність та надійність виявлення сигналів у різних умовах експлуатації.

Основні положення дисертації повністю відображені у 18 друкованих роботах. Основний зміст і результати дослідження викладено в одному друкованому науковому фаховому виданні (категорії "Б"), рекомендованому МОН України, та у двох статтях, опублікованих в іноземних журналах, зареєстрованих у наукометричній базі Scopus. Також опубліковано 11 доповідей у збірках праць міжнародних науково-технічних конференцій, із яких 9 реферовані в наукометричній базі Scopus.

У ході дискусії здобувачу було поставлено такі запитання:

Синсглазов В.М., д.т.н., професор, завідувач кафедри авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів:

Запитання до здобувача: Ця робота була виконана в 2012, так? Чи проводили ви аналіз робіт, які були виконані після 2012 року? Що нового з'явилося? Чи робили ви таке порівняння? Скільки статей всього було опубліковано?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Так, я проводила аналіз статей, написаних за цей час. Є деякі статті, які присвячені непараметричним алгоритмам виявлення сигналів. Я знайшла 4 статті, присвячені цій тематиці. Наприклад, I. G. Prokopenko, "Nonparametric Algorithms For Detection Of Radar Markov Signals Against The Background Of Markov Noise," 2020 21st International Radar Symposium (IRS), Warsaw, Poland, 2020, pp. 356-361. Результатів, що збігаються з моїми, я не знайшла. В області шумових локаторів таких статей немає.

Яновський Ф.Й., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

Запитання до здобувача: Чим відрізняється постановка задачі виявлення, сформульована у вашій роботі, від класичної; можливо використані нові моделі для конкретних ситуацій тощо?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. При використанні класичного параметричного підходу ми зазвичай використовуємо критерій Неймана-Пірсона. Крім того, нам повинна бути відома щільність розподілу сигналу, який ми виявляємо.

Я припускаю, що щільність розподілу сигналу невідома. Для того щоб побудувати непараметричний тест я використовую оцінку інтегральної функції розподілу, яка застосовується для перетворення статистики та побудови копули.

Яновський Ф.Й., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

Запитання до здобувача: Поясніть, у чому полягає відмінність розробленого у вашій роботі параметричного алгоритму виявлення від відомих алгоритмів. А також, які його переваги?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Відмінність полягає застосуванні цього алгоритму для шумового сигналу, (не зустрічала використання таких алгоритмів для шумового сигналу). Це тому що ті спеціалісти, які займались шумовими локаторами, не вирішували задачу з точки зору статистичних підходів, вони просто вираховували коефіцієнт кореляції.

Яновський Ф.Й., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

Запитання до здобувача: На слайді (рис.2.3) наведено отримані характеристики виявлення параметричним алгоритмом для різних значень коефіцієнта кореляції. Поясніть, що це за коефіцієнт? Кореляція між чим і чим? І в чому фізичний смисл цього результату?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Це взаємна кореляція між надісланим і прийнятим сигналом. Записуємо двомірну ймовірності (ЩЙ) для надісланого і прийнятого сигналів, то в цій формулі для двомірної ЩЙ буде дисперсія сигналу який посилаєте, дисперсія сигналу який приймаєте і коефіцієнт кореляції (КК) між обома. З ростом КК між зондувальним і відбитими сигналами ймовірність правильного виявлення зростає. Також з ростом співвідношення сигнал/шум ймовірність правильного виявлення зростає.

Яновський Ф.Й., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

Запитання до здобувача: Поясніть, у чому полягають переваги

непараметричного підходу до розробки алгоритмів обробки радіолокаційних сигналів?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Непараметричні алгоритми забезпечують стабільність помилок при виявленні сигналу незалежно від щільності у ймовірності сигналів та завад. Часто використовуються рангові статистики. Я використала ядерні оцінки копули.

Яновський Ф.Й., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

Запитання до здобувача: Поясніть, що таке ядерні оцінки. Чому ви їх використали для оцінки інтегральних функцій розподілу і характеристичних функцій? Аналогічне запитання стосовно копули. Що це таке і що воно дає?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Ядерна оцінка - це популярна нині непараметрична оцінка щільності ймовірності, заснована на сумі ядерних функцій, з центрами ядер у місці розташування порядкових статистик. Копула дозволяє будувати оцінку залежності, яка не пов'язана з маргінальними щільностями ймовірності.

Яновський Ф.Й., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

Запитання до здобувача: На наступному слайді, де порівняння параметричного і непараметричного алгоритмів, запитання таке: чому результати практично однакові? За яких умов отримано такий результат?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Сама велика інформація знаходиться в коефіцієнті взаємної кореляції для шумового сигналу. А коефіцієнт кореляції і в параметричному і в непараметричному вимірюється приблизно з однаковою точністю. Тобто втрати інформації у нас для вимірювання коефіцієнт кореляції між прийнятим і надісланим сигналом не дуже сильно залежить від того що ми з самими значеннями цього сигналу зробили. Тому це для нашого шумового локатора дуже добре.

Прокопенко І.Г., д.т.н., професор, професор кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем:

Запитання до здобувача: Питання про характеристичну функцію, для чого ви її використовуєте?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. Характеристична функція може бути представлена як перетворення Фур'є від щільності розподілу ймовірностей. Ми використовуємо дискретне перетворення Фур'є від емпіричної функції розподілу з подальшим фільтруванням в області аргументу характеристичної функції. Після зворотного перетворення Фур'є отримуємо згладжену оцінку інтегральної функції розподілу. Цей алгоритм еквівалентний ядерній оцінці інтегральної функції розподілу.

Щербина О.А., д.т.н., доцент, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

Запитання до здобувача: Пронумеруйте будь ласа слайди і малюнки, зменшити кількість слайдів і укрупнити їх.

Чи думали ви про апаратну реалізацію? І які би датчики для приймання передавання хвиль ви використали?

Відповідь здобувача: Дякую за запитання. У наших експериментах ми використали фізичну модель – акустичний шумовий локатор. Датчики в цьому випадку – мікрофони. Джерело сигналу – гучномовець. Якщо реалізовувати локатор для радіосигналу, можна використовувати популярний зараз підхід “Software Defined Radio”. Пристрої для його реалізації є у продажу.

Обговорення дисертаційного дослідження.

Щербина О.А., д.т.н., доцент, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

Треба додати до списку праць нові публікації. Щодо презентації необхідно зробити більші слайди по розміру, зробити їх більш інформативними і додати нумерацію.

Білецький А.Я., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

Дисертаційна робота велика по об'єму і по структурному оформленню. Рекомендую наступні розділи: 1. Аналіз стану непараметричних алгоритмів радіолокаційного зондування атмосфери та постановка задачі дослідження. 2. Математичні основи непараметричної обробки сигналів. 3. Алгоритмічне та програмне забезпечення систем зондування. 4. Експериментальні дослідження.

Робота оформлена не дуже правильно, за рахунок великої кількості підпунктів. Не дуже переконливо сформульована наукова новизна. Використання терміну доплерівська швидкість він не використовується в радіолокації. Формулювання об'єкта та предмета дослідження мають бути контрастними поняттями, а в роботі вони не є такими. Загалом я вважаю що робота така яка може бути запропонована до захисту у нашій спеціалізованій раді але після суттєвого доопрацювання.

Уланський В.В. д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

Оцінюю роботу позитивно. Видно що доповідач орієнтується в матеріалі. Список опублікованих робіт має бути приведений до вимог Міністерства освіти і науки. Необхідно зробити порівняння алгоритмів для вирішення якоїсь певної задачі. Не треба порівнювати в тому ж класі шумових локаторів, а порівнювати при вирішенні певної задачі. Цю роботу підтримую але при внесенні поправок до списку опублікованих праць.

Яновський Ф.Й., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

В дисертації зроблено дуже багато, отримано дуже багато результатів. Тому що робота перенасичена результатами презентація була також не дуже правильно зроблена. Необхідно сформулювати декілька позицій, які виносяться на захист. Розроблені алгоритми вони є універсальними, вони можуть бути використані для будь-яких прикладних задач, в незалежності від того чи це акустична чи радіотехнічна система. Робота дуже хороша, вона цілком може бути захищена в майже такому вигляді як вона зараз є. Немає необхідності її суттєво дороблювати. Треба переробити вступ і висновки. Вважаю що роботу треба рекомендувати до

захисту, взявши до уваги зроблені зауваження.

Сібрук Л.В., д.т.н., професор, професор кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

Зазначив що були присутні і висловилися (за винятком Дружиніна) всі фахівці з радіотехнічних та телевізійних систем, тобто фактично присутній весь кворум і всі позитивно оцінили роботу. Бажано додати ще кількісні оцінки, які покажуть переваги запропонованих алгоритмів.

Прокопенко І.Г., д.т.н., професор, професор кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем:

Я згоден переважно з висновками проф. Білецького. По суті вважаю, що робота хороша і може бути представлена до захисту.

Синєглазов В.М., д.т.н., професор, завідувач кафедри авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів:

Я вважаю Дисертація робота відповідає всім вимогам. Єдине потрібно доопрацювати вступ і висновки. Необхідно також підготувати висновок трійки. Вважаю, що дисертація відповідає вимогам атестаційного органу України, що пред'являється до кандидатських дисертацій, і може бути прийнята до захисту.

Висновок наукового керівника.

Сініцин Р.Б., к.т.н., доцент, доцент кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей:

Я згоден з висновками професора Синєглазова В.М. Робота присвячена актуальній темі обробки сигналів метеорологічних радіолокаторів. Ця проблема має важливе значення для задач метеорології взагалі та для цивільної авіації зокрема.

Для вирішення цього завдання авторкою використовуються кілька перспективних підходів. Використання широкосмугових випадкових зондуючих сигналів дозволяє досягти високої роздільної здатності та точності вимірювання дальності та доплерівської швидкості. Статистичний синтез алгоритмів виявлення використаних типів радіолокаційних сигналів дозволяє отримати оптимальні процедури обробки інформації. Статистичний синтез непараметричних алгоритмів виявлення випадкових сигналів на основі оцінки копули дозволяє отримати нові ефективні алгоритми виявлення сигналів локаторів в умовах завад з апіорною невизначеністю. Запропонована нова модифікація широкосмугової радіолокаційної функції невизначеності має інваріантність до групи монотонних перетворень статистики завад і може використовуватися як вирішальне правило для виявлення сигналів. Результати роботи перевірені як математичним моделюванням, так і в натурному експерименті. Вони також були представлені в доповідях на конференціях та статтях.

Дисертаційна робота виконана Бокал Ж.М. самостійно, при цьому вона проявила наукову творчість у формулюванні і вирішенні наукових задач, здатність проводити аналіз наукової інформації, вибирати методи дослідження. Також маю відзначити наполегливість, працьовитість, цілеспрямованість та здатність дисертантки до вирішення складних наукових задач.

Основні теоретичні положення, результати та висновки наукового

дослідження доповідались авторкою, обговорювались та отримали позитивну оцінку на наукових семінарах кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей та міжнародних наукових конференціях.

Бокал Ж.М. під час виконання досліджень проявила себе як висококваліфікований спеціаліст, здатний вирішувати наукові задачі з використанням сучасного наукового апарату і сучасних методів дослідження.

Вважаю, що дисертаційна робота на тему «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери» є завершеним науковим дослідженням, відповідає чинним вимогам щодо присудження наукових ступенів, а її авторка Бокал Ж.М. заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.12.17 – Радіотехнічні та телевізійні системи.

Науковий керівник запропонував затвердити позитивний висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів зазначеної дисертації та рекомендувати її до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.12.17 - радіотехнічні та телевізійні системи.

Заключне слово здобувача: Шановний головуєчий, шановні присутні, дякую Вам за увагу до нашого дисертаційного дослідження! Дякую за запитання, висловлені побажання та зауваження, які обов'язково будуть враховані.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації на тему «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17- радіотехнічні та телевізійні системи

Актуальність теми дослідження та її зв'язок із планами науково-дослідних робіт.

Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення точності і надійності систем дистанційного зондування атмосфери та радіолокаційних систем в умовах невизначеності параметрів сигналів і впливу різноманітних перешкод. Сучасні потреби в автоматизації обробки великих обсягів інформації вимагають розробки ефективних алгоритмів обробки даних.

Робота присвячена розробці та аналізу непараметричних алгоритмів виявлення широкосмугових випадкових локаційних сигналів, що є актуальною і важливою задачею у контексті сучасних радіолокаційних та радіонавігаційних систем. Сучасні системи потребують високої точності обробки інформації для забезпечення надійної роботи в умовах невизначеності параметрів та впливу перешкод. Робота спрямована на покращення точності вимірів та підвищення ефективності локаційних систем, що є надзвичайно важливим для різних галузей, включаючи метеорологію, управління повітряним рухом та безпеку.

Результати дисертаційного дослідження були використані під час виконання науково-дослідної роботи, що проводилася в Національному авіаційному університеті у рамках науково-дослідної кафедральної роботи: зокрема матеріали її досліджень, що викладені у звіті з НДР № 685-ДБ 10 «Теоретико-експериментальне обґрунтування шляхів розширення функціональних можливостей метеорологічного радіолокатора та підвищення ефективності виявлення небезпечних метеорологічних явищ за рахунок використання поляризаційних властивостей зондувальних і відбитих сигналів» (Звіт № держ. реєстрації 0110U007697, 2012, розд. 2.6-2.7, с. 99-109, розд. 4.2, с. 168-176), впроваджені у комплексному проекті «Розроблення першого вітчизняного наземного когерентного метеорологічного радіолокатора», код фундаментальної НДР 2201020, початок 01 липня 2010 р., закінчення 30 червня 2013 р.

Формулювання наукового завдання, нове розв'язання якого отримано в дисертації.

Науковим завданням є синтез нових непараметричних алгоритмів виявлення сигналів для пасивних та шумових МІМО локаторів та непараметричних алгоритмів виявлення сигналу шумового локатора, відбитого від цілі з невідомою доплерівською швидкістю.

У результаті дослідження:

- уперше синтезовано непараметричні алгоритми виявлення сигналів для пасивних та шумових МІМО локаторів та непараметричний алгоритм виявлення сигналу шумового локатора, відбитого від цілі з невідомою доплерівською швидкістю. Також запропоновано новий варіант радіолокаційної функції невизначеності – копулярна функція невизначеності.

- удосконалено параметричні алгоритми виявлення сигналів для пасивних та шумових МІМО локаторів та параметричний алгоритм виявлення сигналу шумового локатора, відбитого від цілі з невідомою доплерівською швидкістю.

- набула подальшого розвитку копулярна функція невизначеності для ширококутового пасивного локатора.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків, рекомендацій, які захищаються.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані автором у дисертаційній роботі відповідають вимогам до такого виду досліджень, ґрунтуються на узагальненні поглядів та дослідженні ідей провідних вітчизняних і зарубіжних учених, використанні системи загальнонаукових і спеціальних методів. У роботі використано значну кількість джерел інформації, наведено дані про апробацію результатів на науково-практичних конференціях та впровадження розробок автора у практичну діяльність пов'язану із застосуванням математичного апарату для вирішення поставлених задач та підтверджується проведенням аналізом отриманих експериментальних даних із застосуванням методів дослідження, що базуються на теорії статистичних та математичних методах обробки інформації. Використовувалися такі статистичні підходи: непараметричні алгоритми перевірки гіпотез і

максимального правдоподібного оцінювання, теорія ядерних оцінок, алгоритми прийняття рішень за критерієм Неймана-Пірсона, теорія рангових критеріїв. Широко використовувалися методи статистичного моделювання. Проводилися експериментальні дослідження синтезованих алгоритмів на реальних сигналах, отриманих за допомогою експериментального макету локатора.

У цілому наукові результати, отримані в дисертації, є достовірними, науково обґрунтованими та доказовими.

Достовірність отриманих наукових результатів роботи забезпечується коректним застосуванням строгих математичних методів синтезу алгоритмів виявлення радіолокаційних сигналів, математичним моделюванням сигналів, завад і роботи радіолокаційних пристроїв, що використовують запропоновані алгоритми виявлення сигналів, а також їх перевіркою в натурному експерименті з використанням фізичної моделі локатора.

Наукове значення роботи.

Основні результати дослідження достатньою мірою обґрунтовані. Їхня наукова значимість і достовірність не викликає сумнівів, оскільки вони отримані в результаті аналітичної роботи та особистої практики здобувача. Автором чітко окреслені та лаконічно побудовані мета та завдання дослідження, обґрунтовано методика дослідження. У результаті підготовки дисертації запропоновано: нові методи та алгоритми для обробки широкосмугових випадкових сигналів у задачах дистанційного зондування атмосфери, що включає дослідження статистичних методів, які дозволяють досягти високої точності в умовах невизначеності та завад; методи дистанційного зондування шляхом розробки нових непараметричних алгоритмів виявлення сигналів, які базуються на оцінках інтегральної функції розподілу ймовірності. Це дозволить підвищити точність вимірювань метеорологічних величин, таких як температура, швидкість вітру, вологість тощо; впровадження нових підходів до синтезу і обробки широкосмугових сигналів, серед яких використання копулярної функції невизначеності задля інновацій у радіолокації. Це сприятиме покращенню роздільної здатності та точності радіолокаційних систем.

Висновки та рекомендації дисертаційної роботи базуються на дослідженнях автора, що є значним внеском у розвиток теорії та практики обробки широкосмугових випадкових сигналів, що має велике значення для різних прикладних задач у метеорології, радіолокації та управлінні повітряним рухом.

Практичне значення та використання результатів роботи.

Результати дисертації мають важливе практичне значення і були використані у навчальному процесі НАУ:

- для вдосконалення існуючих та розробки нових систем радіолокації, що застосовуються у метеорології, аерокосмічних системах управління та інших областях (акт впровадження від 04.06.2024).

- для інтегрування нових методів у реальні системи дистанційного

зондування та радіолокації, що підвищує їхню надійність та ефективність (акт впровадження від 23.05.2024).

Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок автора.

Дисертація Бокал Жанни Миколаївни є самостійною науковою працею, в якій наведено теоретичні положення і висновки, власні ідеї та розробки автора, які дають змогу вирішити поставлені завдання. Усі висновки та практичні рекомендації, винесені на захист, розроблені дисертантом особисто.

Найважливіші ідеї, висновки, рекомендації, отримані в дисертації, оприлюднені на наукових та науково-практичних конференціях, у тому числі міжнародних, всеукраїнських та за міжнародною участю а саме: «Політ. Сучасні проблеми науки» (Київ, 2005; 2006; 2007); «Signal Processing Symposium (SPS)» (Jachranka, 2007; 2009); «International Radar Symposium (IRS 2009)» (Hamburg, 2009); «Microwaves, Radar and Remote Sensing Symposium (MRRS)» (Київ, 2008; 2011); «International Radar Symposium (IRS 2010)» (Vilnius, 2010); «Radar Conference (EuRAD 2010)» (Paris, 2010); «The fourth World Congress “Aviation in the XXI-st Century”. Safety in Aviation an Space Technologies» (Київ, 2010); «9th Innovative Research Workshop & Exhibition (INO 2010)» (Britinique, 2010); «Second International Conference «Statistical Methods of Signal and Data Processing» (Київ, 2013).

Основні положення та результати дисертаційного дослідження викладено у 16 наукових працях, у тому числі: 1 статті, опублікованій у науковому виданні, включеному до переліку фахових видань України, 9 – в зарубіжних наукових виданнях, включених до наукометричної бази Scopus; 6 - матеріалах тез доповідей на науково-практичних конференціях різного рівня.

Праці, що відображають основні наукові результати дисертації

1. Bokal Zh., Olivares-Mendez M., Makhdoomi M., Yalçın B., Zero-G Lab: A multi-purpose facility for emulating space operations. *2023 Journal of Space Safety Engineering*. 2023. P. 509–521 (Scopus). Q3 Особистий внесок автора: розробка алгоритмів обробки сигналів та зображень для реалізації тестових сценаріїв а також проведення попередніх експериментів в лабораторії Zero-G включаючи операції зближення, стиковки та орбітальної взаємодії, вимірюванню координат.

2. Bokal Zh., Sinitsyn R., Kernel estimate of the spoken language sound multivariate probability density function. *Photonics Applications in Astronomy Communications Industry and High-Energy Physics Experiments 2008*. Poland: Proceedings of SPIE Wilga 2007. Vol. 6937. article id. 693739, P 1-7. 2008. DOI: 10.1117/12.784827. (Scopus); (особистий внесок автора: на основі запропонованого підходу розробила нові непараметричні алгоритми виявлення радіолокаційних сигналів та проаналізувала можливість використання алгоритму швидкого перетворення Фур'є для забезпечення високої швидкості

обробки сигналу в алгоритмах обробки сигналу радіолокаційних станцій)

3. Bokal, Z. M., and R. B. Sinitsyn. "Kernel estimate of the spoken language sound multivariate probability density function" *Proceedings-SPIE the International Society for Optical Engineering*. Vol. 6937. No. 2. 6937-117. International Society for Optical Engineering; 1999, 2008. (особистий внесок автора: на основі запропонованого підходу обґрунтувала використання алгоритму швидкого перетворення Фур'є для забезпечення високої швидкості обробки сигналу в алгоритмах обробки сигналу радіолокаційних станцій)

4. Бокал Ж.М., Сініцин Р.Б., Nonparametric method for estimating the spoken language sound multivariate probability density function. *2008 Microwaves Radar and Remote Sensing Symposium. Proceedings of MRRS2008*, 22-24 September 2008. Київ: НАУ, 2008. P. 170-171. (Scopus); (особистий внесок автора: перевірила нові непараметричні оцінки функції щільності ймовірності та запропонувала алгоритм виявлення і розпізнавання, а також обробила звукові сигнали розмовної мови)

5. Bokal Zh., Random signal sodar for meteorology. *Signal Processing Symposium 2009. Proceedings of SPS2009*, 28-30 May 2009. Jachranka: 2009. P. 18-23. (Scopus); (особистий внесок автора: розробила експериментальний содар та провела експериментальні вимірювання відбиття сигналу від об'єкту)

6. Bokal Zh., Sinitsyn R., Rank signal detection algorithms based on permutations of partial likelihood ratios. *International Radar Symposium 2010. Proceedings of IRS2010*, 16-18 June 2010. Vilnius: 2010. P. 1-4. (Scopus); (особистий внесок автора: розробка нового непараметричного алгоритму на основі рангового тесту та перестановок часткових відношень правдоподібності. Отримала результати для подальшого застосування виявлення радіолокаційних сигналів у системах спостереження та дистанційного зондування, особливо в умовах попередньої невизначеності)

7. Bokal Zh., Sinitsyn R., Nonparametric signal detection algorithm using permutation statistics of signal partial likelihood ratios. *European Microwave Week 2010: The 7th European Radar Conference. Proceedings of EuRAD*, 30.09 – 01.10.2010. Paris: 2010. P. 260-263. (Scopus); (особистий внесок автора: обґрунтувала підхід для розробки алгоритмів виявлення радіолокаційних сигналів, які можна застосовувати коли апріорна інформація обмежена, а також сформулювала задачу для перевірки гіпотези про вид функції щільності)

8. Bokal Zh., Yanovsky F., Weather data obtaining and dissemination using ADS-B. *The 9th EUROCONTROL Innovative Research Workshop. Session 2: CNS. Proceedings of INO Workshop*, 7-9 December 2010. Paris: 2010. paper №167. (Scopus); (особистий внесок автора: обґрунтувала переваги використання інформації численних бортових датчиків в системах автоматичного залежного спостереження (ADS-B))

9. Bokal Zh., Sinitsyn R., Yanovsky F., Copula ambiguity function for wideband random radar signals. *2011 Microwaves Radar and Remote Sensing Symposium. Proceedings of MRRS2011*, 25-27 August 2011. Київ: НАУ, 2011. С. 313-316. (Scopus); (особистий внесок автора: розробка нової статистики, яка

є інваріантною до всіх можливих змін функції щільності ймовірності звукових або відбитих сигналів).

10. Бокал Ж.М., Сініцин Р.Б., Nonparametric method for estimating the spoken language sound multivariate probability density function. *Вісник Національного авіаційного університету*. Вісник НАУ. 2006. №3(29). С. 17–20. (особистий внесок автора: запропонувала та обґрунтувала застосування непараметричної оцінки характеристичної функції, та на основі цих оцінок розробила непараметричні алгоритми класифікації звуків)

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації:

11. Бокал Ж.М., Ткачук А.В., Kernel estimates of characteristic function for sound recognition. *Політ. Сучасні проблеми науки: V міжнародна науково-практична конференція студентів та молодих вчених, м. Київ, 8-10 квітня 2005*. Київ: НАУ, 2005. С. 703. (особистий внесок автора: обґрунтувала використання проекції щільності для випадкового процесу та розрахувала щільність ймовірності)

12. Бокал Ж.М., Сініцин Р.Б., Nonparametric method for estimating the spoken language sound multivariate probability density function. *Політ. Сучасні проблеми науки: VI міжнародна науково-практична конференція студентів та молодих вчених, м. Київ, 8-10 квітня 2006*. Київ: НАУ, 2006. С. 63. (особистий внесок автора: розробка непараметричних алгоритмів класифікації звуків, а також запропонувала використання проекції випадкового процесу на множині випадкових величин, де щільність ймовірностей визначається як добуток двовимірних щільностей)

13. Bokal Zh., Sinitsyn R., Kernel estimate of the spoken language sound multivariate probability density function. *Signal Processing Symposium 2007 (SPS 2007)*, 24-26 May 2007, Jachranka, Poland. Proceedings of SPS2007. P.28-33. (особистий внесок автора: запропонувала підхід, що дозволяє представити оцінку багатовимірної щільності та характеристичних функцій як добуток двовимірної оцінки функції щільності ймовірності. Перевірила нові непараметричні оцінки функції щільності ймовірності)

14. Бокал Ж.М., Сініцин Р.Б., Projective estimates of the probability density function and characteristic function for speech signals. *Наукоємні технології: Матеріали науково-технічної конференції, 15-17 листопада 2007*. Київ: НАУ, 2007. С. 11. (особистий внесок автора: визначила та класифікувала алгоритми, які базуються на запропонованих оцінках, а також розрахувала ядерну оцінку двовимірної характеристичної функції і відповідної їй щільності ймовірності для двох моментів часу)

15. Бокал Ж.М., Сініцин Р.Б., Locally optimal rank signal detection algorithms for radar. *4th World Congress 'Aviation in the XXI-st Century' – 'Aviation safety and space technologies': Radar Methods and Systems Workshop. Proceedings of RMSW, 21-23 September 2010*. Київ: НАУ, 2010. Vol. 2. С. 22.36-22.39. (особистий внесок автора: запропонувала підхід що дозволяє розробити рангові тести більш чутливими до змін статистики суми корисного сигналу та шуму)

16. Bokal Zh., Yanovsky F., Weather data obtaining and dissemination using ADS-B. *The 9th EUROCONTROL Innovative Research Workshop. Session 2: CNS. Book of abstracts of INO Workshop, 7-9 December 2010. Paris: 2010. – P. 9.* (особистий внесок автора: проаналізувала вимоги до системи автоматичного залежного спостереження на основі інформації про погоду, яка необхідна для безпечного польоту)

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації 150 сторінок, із них 105 сторінок основного тексту. Робота включає 17 таблиць, 48 рисунків, 2 додатки. Список використаних джерел налічує 98 найменувань.

Оцінка мови та стилю дисертації.

Текст дисертації (та автореферату) викладений грамотно, доступною мовою, зміст характеризується логічним та послідовним характером і містить необхідні узагальнення. Наведені в авторефераті наукові положення, висновки і рекомендації, результати опублікованих праць чітко осмислені та обґрунтовані в тексті дисертації. Дисертація оформлена згідно з вимогами Міністерства освіти і науки України.

Детальний розгляд дисертаційної роботи (та автореферату) дає підстави констатувати ідентичність автореферату та основних положень дисертації.

Відповідність змісту дисертації паспорту спеціальності, за якою вона подається до захисту.

Дисертація : «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери» Бокал Жанни Миколаївни повністю відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 - радіотехнічні та телевізійні системи, зокрема таким напрямкам досліджень:

- дослідження методів оптимізації систем і комплексів, пристроїв, вузлів, формування й обробка сигналів в умовах реальної заводої обстановки.
- синтез і аналіз систем виявлення, вимірювання параметрів сигналів, адаптація їх до змін зовнішнього середовища та джерел інформації.
- розроблення нових радіотехнічних і телевізійних систем, комплексів, пристроїв та їх вузлів.
- розроблення апаратного й програмного забезпечення радіотехнічних і телевізійних пристроїв, систем та комплексів із цифровими методами обробки інформації.

Характеристика особистості здобувача.

Під час підготовки дисертаційної роботи «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери» Бокал Жанна Миколаївна проявила себе як творчий дослідник і науковець,

здатний самостійно на високому науково-методичному рівні вирішувати наукові та практичні завдання. Вона повною мірою володіє сучасними методами аналізу, має належний рівень теоретичної та практичної підготовки.

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційної роботи Бокал Жанни Миколаївни на тему «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери».

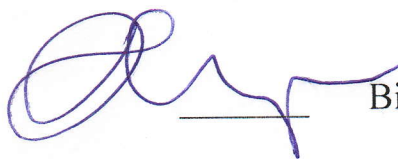
2. Вважати що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Бокал Жанни Миколаївни відповідає спеціальності 05.12.17 - радіотехнічні та телевізійні системи та вимогам нормативних документів МОН України до кандидатських дисертацій (зокрема пп. 9, 11, 12, 13,14 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету міністрів України від 24 липня 2013 р. №567(і з подальшими змінами та доповненнями).

3. Рекомендувати дисертаційну роботу «Непараметричні алгоритми обробки локаційної інформації в задачах дистанційного зондування атмосфери», подану Бокал Жанною Миколаївною на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи до захисту у спеціалізованій вченій раді Д 26.062.08 Національного авіаційного університету.

4. Результати голосування присутніх на засіданні докторів та кандидатів наук: «ЗА» - 13, «ПРОТИ» - немає, «УТРИМАЛИСЬ» - немає. У тому числі 8 докторів наук зі спеціальності та 4 кандидатів наук зі спеціальності.

Головуючій на засіданні:

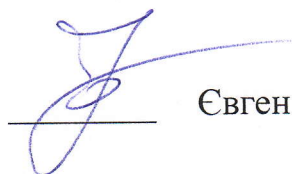
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри авіаційних
комп'ютерно-інтегрованих
комплексів, НАУ



Віктор СИНЄГЛАЗОВ

Секретар засідання:

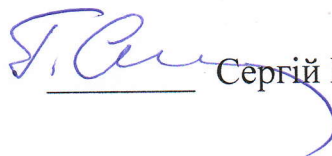
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електроніки,
робототехніки і технологій моніторингу
та інтернету речей, НАУ



Євген ГАБРУСЕНКО

ПОГОДЖЕНО:

доктор технічних наук, професор,
в.о. проректора з наукової роботи НАУ



Сергій ГНАТЮК