

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Кудряшовой Ольги Евгеньевны «Методы селекции и разрешения радиолокационных сигналов на основе анализа собственных чисел корреляционной матрицы», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика

Тема диссертационной работы Кудряшовой О.Е. относится к статистической радиофизике. В ней рассматриваются задачи селекции и разрешения радиолокационных сигналов. В частности, рассматривается проблема защиты радиотехнических систем от сигналоподобных помех. Поиск решения этой задачи, без сомнения, является актуальным, поскольку не теряет актуальности проблема борьбы с активными помехами, методы постановки которых становятся всё более интеллектуальными и изощренными. В связи с тем, что сигналоподобные помехи начали активно применяться только в последнее десятилетие, публикаций, посвященных данной тематике, немного. Второй практической задачей, рассматриваемой в диссертации, является разрешение радиолокационных сигналов. Её эффективное решение весьма актуально при работе по групповым, в том числе малозаметным целям. Для её решения применяются полученные в диссертации аналитические выражения для распределений собственных чисел корреляционных матриц.

Диссертационное исследование Кудряшовой О.Е. представляет собой весомый вклад в область пространственно-временной обработки сигналов, фокусируясь на анализе собственных чисел выборочной корреляционной матрицы, используемой в обработке радиолокационных данных. Новизна работы Кудряшовой заключается в разработке и обосновании аналитических выражений для интегральных функций распределения собственных чисел выборочной корреляционной матрицы. Вместо приближенного численного решения диссертация предлагает точный аналитический подход, базирующийся на глубоком математическом анализе и использовании аппарата теории вероятностей и математической статистики. Кроме того, в диссертации проведены обширные численные эксперименты, подтверждающие эффективность предлагаемых методов и подходов.

Сравнение с традиционными приближенными методами показало значительное повышение точности получаемых результатов, особенно в условиях низкого ОСШ и сложной помеховой обстановки. В диссертации также исследовано влияние различных параметров системы (размер выборки, число элементов антенной решетки, характеристики помех) на точность



полученных оценок, что позволяет оптимизировать параметры системы для достижения наилучших результатов в конкретных условиях эксплуатации. В заключение можно сказать, что работа Кудряшовой имеет большой практический потенциал для применения в современных радиолокационных системах.

Стоит отметить, что аналитические выражения, полученные в диссертации, не только улучшают точность, но и повышают вычислительную эффективность алгоритмов.

В заключение отметим, что диссертационная работа Кудряшовой О.Е. открывает дорогу для дальнейших исследований в направлении совершенствования алгоритмов разрешения и селекции сигналов.

Автор продемонстрировал достаточно высокую квалификацию как в радиофизике, так и в математическом моделировании. Результаты работы хорошо проиллюстрированы и обоснованы, апробированы на 7 конференциях, что свидетельствует об их достоверности. Тема диссертации актуальна и соответствует специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Диссертационная работа Кудряшовой О.Е. состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Первая глава посвящена изучению статистических параметров собственных значений выборочной корреляционной матрицы сигналов. Получено аналитическое выражение интегральных функций распределения всех собственных чисел выборочной корреляционной матрицы как для собственного шума элементов антенны, так и для суммы шума и большого числа мощных источников, включая случай короткой выборки.

Во второй главе анализируются статистические характеристики селекции сигналоподобных активных помех. С применением точной решающей статистики определена зависимость вероятности правильной селекции от отношения сигнал/шум для различных длин выборок. Представлены зависимости вероятности правильной селекции от величины фазовых флуктуаций и показано, что отношение сигнал/шум для селекции сигналоподобной помехи при заданной вероятности правильной селекции значительно возрастает при уменьшении фазовых флуктуаций сигнала-помехи.

В третьей главе исследуются статистические характеристики разрешения двух источников сигналов с плоскими волновыми фронтами при малых отношениях сигнал/шум. Для этого используется анализ собственных чисел выборочной корреляционной матрицы собственного шума приемной системы. Исследование проведено как для сигналов одинаковой мощности, так и при наличии одного мощного источника помехи. Также рассмотрены



характеристики разрешения двух источников при различных углах прихода сигналов. Проведено численное исследование распределения максимального шумового собственного числа при наличии слабого источника сигнала.

Все основные результаты работы являются новыми. К наиболее интересным, по моему мнению, следует отнести получение аналитического выражения для решающих статистик селекции сигналоподобных активных помех, что особенно актуально в настоящее время.

В качестве замечаний по диссертационной работе отмечу следующее:

1. На странице 20 в диссертации написано: «В главе 1 получено аналитическое выражение для интегральных функций распределения всех собственных чисел выборочной корреляционной матрицы собственного шума элементов антенной решетки (для многомерного случая).» Что понимается здесь под «многомерным случаем»? Имеется в виду произвольная размерность матрицы ( $>1$ )?

2. На рис. 1.4 приводится зависимость числа обусловленности КМ от размера выборки. Этот результат известен и не содержит новизны. При этом он приводится в выводах к главе 1. Советую не акцентировать на нём внимание.

3. В главе 1 рассматривается распределение шумов с одинаковыми мощностями. Как быть, когда этот сценарий не работает? Такое бывает, например, в акустике.

4. В главе 2 приводится ключевое условие (2.11). Требуются более подробные пояснения, откуда оно следует.

5. На рис. 2.3 приводятся экспериментальные результаты. Хотелось бы более подробного описания эксперимента.

Все эти замечания не являются принципиальными и не снижают оценку диссертационной работы Кудряшовой О.Е. Работа хорошо оформлена и изложена грамотным научным языком, автореферат соответствует содержанию диссертации. Основные результаты диссертационного исследования представлены в 13 публикациях, из них 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК и 7 публикаций тезисов докладов в сборниках трудов региональных, всероссийских и международных научных конференций.

Всё сказанное позволяет заключить, что диссертационная работа Кудряшовой О.Е. «Методы селекции и разрешения радиолокационных сигналов на основе анализа собственных чисел корреляционной матрицы» удовлетворяет всем требованиям пп. 9 – 11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Кудряшова Ольга Евгеньевна



заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика.

12.03.2025

Заведующий лабораторией Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», кандидат физико-математических наук (специальность 01.04.03 – Радиофизика)



Родионов Александр Алексеевич

Выражаю свое согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации.

Почтовый адрес: 603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46. Телефон: +7 (831) 164-774. e-mail: [alexr@ipfran.ru](mailto:alexr@ipfran.ru).

Сведения о Родионове Александре Алексеевиче заверяю,

Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»,

к.ф.-м.н.



Корюкин И.В.

«12» 03 2025 г.

