

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО"
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 02.04.2025 г. № 7 .

О присуждении Кудряшовой Ольге Евгеньевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Методы селекции и разрешения радиолокационных сигналов на основе анализа собственных чисел корреляционной матрицы» по специальности 1.3.4. – Радиофизика принята к защите 25 декабря 2024 г., протокол № 82, диссертационным советом 24.2.340.03, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, приказом № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Кудряшова Ольга Евгеньевна, 08 января 1988 года рождения, в 2011 году окончила магистратуру Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского по направлению подготовки Радиофизика. С 2020 по 2024 год обучалась в аспирантуре Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского по направлению подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия.

В период подготовки диссертации Кудряшова Ольга Евгеньевна работала и работает по настоящее время в Национальном исследовательском Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского в должности ведущего инженера кафедры радиотехники радиофизического факультета, преподавателя кафедры радиотехники радиофизического факультета (внутреннее совмещение).

Диссертация выполнена на кафедре радиотехники радиофизического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель доктор технических наук, доцент Фитасов Евгений Сергеевич, заведующий кафедрой радиотехники радиофизического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

1. Мякинков Александр Валерьевич, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук (специальность 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация), доцент, директор института радиоэлектроники и информационных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

2. Родионов Александр Алексеевич, гражданин Российской Федерации, кандидат физико-математических наук (специальность 01.04.03 – Радиофизика), заведующий лабораторией обработки многомерных сигналов Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых", г. Владимир, в своем **положительном** отзыве, утвержденном 07.03.2025 г., подписанном доктором технических наук, профессором А.Г. Самойловым, профессором кафедры «Радиотехника и радиосистемы», указала, что диссертация Кудряшовой Ольги Евгеньевны удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Кудряшова Ольга Евгеньевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых WoS, Scopus и RSCI, опубликовано 5 работ. Основные результаты диссертации были представлены на международных, всероссийских и региональных конференциях.

Авторский вклад соискателя в опубликованные в соавторстве работы заключается в проведении аналитических исследований, численного моделирования, анализе полученных результатов, формулировании выводов и подготовке текстов публикаций.

Проверка текста диссертации не выявила неправомерных заимствований. Исследования являются оригинальными и представляются к защите впервые. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Кудряшова О.Е., Фитасов Е.С. Функции распределения собственных чисел выборочной корреляционной матрицы антенной решётки // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2022. – Т. 65, № 8. – С. 687-696.

2. **Кудряшова О.Е.**, Фитасов Е.С., Ильясафов А.Д. Разрешение источников сигналов на основе анализа собственных чисел выборочной корреляционной матрицы // Известия вузов. Радиофизика. – 2024. – Т. 67, № 3. – С. 258-268.

3. **Кудряшова О.Е.**, Фитасов Е.С. Селекция сигналоподобных помех на основе анализа собственных чисел выборочной корреляционной матрицы // Известия вузов. Радиофизика. – 2024. – Т. 67, № 5. – С. 457-467.

4. Фитасов Е.С., Леговцова Е.В., **Кудряшова О.Е.**, Козлов С.А., Насонов В.В. Селекция имитирующих сигналоподобных помех в радиолокационных системах с внутренней когерентностью // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2021. – Т. 64, № 11. – С. 917-925.

5. Фитасов Е.С., **Кудряшова О.Е.**, Леговцова Е.В., Насонов В.В. Когерентность активных шумовых помех в радиолокационных системах с антенными решётками // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. – 2022. – Т. 65, № 2. – С. 159-168.

6. Леговцова Е.В., **Кудряшова О.Е.**, Фитасов Е.С., Васильев Д.А. Доплеровская фильтрация радиолокационных сигналов, отражённых от малоскоростных воздушных объектов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2020. – № 3(47). – С. 44-50.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов от:

1. Бабанова Николая Юрьевича, доктора технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, доцента, заведующего кафедрой «Электроника и сети ЭВМ» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

2. Бобрешова Анатолия Михайловича, доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика, профессора, профессора-консультанта кафедры электроники физического факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

3. Дорохова Сергея Петровича, кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, начальника отдела №4 филиала АО «Корпорация «Комета» – «КБ «Квазар».

4. Захарова Фёдора Николаевича, кандидата технических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика, доцента кафедры радиотехнических систем, заведующего лабораторией распространения радиоволн научно-исследовательского института радиотехнических систем ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Аникина Алексея Сергеевича, кандидата технических наук по специальностям 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения и 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация, доцента кафедры радиотехнических систем, старшего научного сотрудника

лаборатории распространения радиоволн научно-исследовательского института радиотехнических систем ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

5. Кислицына Алексея Александровича, кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций, доцента, доцента кафедры радиотехники и связи ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет».

6. Лысякова Дениса Николаевича, кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика, начальника отдела рекламной-выставочной деятельности АО «ФНПЦ «Нижегородский научно-исследовательский институт радиотехники».

7. Павлова Григория Львовича, доктора технических наук по специальности 20.02.16 – Системы контроля и испытания вооружений и военной техники, военная метрология, доцента, ведущего научного сотрудника Научно-исследовательского института специального машиностроения ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

Все отзывы **положительные**. В отзывах отмечается актуальность темы исследования, новизна полученных результатов и их значимость для науки и практики.

В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие замечания.

Замечания из отзыва ведущей организации.

В работе не рассмотрено как будет влиять регуляризация вырожденной корреляционной матрицы при короткой выборке?

Исследование проведено для сигналов на фоне гауссовского шума, но в реальной ситуации к шумам добавляются помехи различного типа, а не только сигналоподобные.

Некоторые рисунки и их нелинейный характер, например, 2.15 – 2.17, требуют более подробных пояснений.

Замечания из отзыва официального оппонента Мякинкова А.В.

Одна из основных формул, полученных диссертантом в ходе работы, а именно (1.38), получена с опущением некоторых промежуточных результатов. Хотелось бы, чтобы был продемонстрирован более подробный вывод формулы.

Критерий Неймана-Пирсона, который используется в главах 2 и 3 для выбора порога, обычно применяется для решения задачи обнаружения сигнала в условиях априорной неопределенности в отношении вероятностей наличия и отсутствия целей в зоне наблюдения, а также не требует задания стоимости принятия ложных решений. В диссертации решается несколько иная задача, связанная с селекцией сигнала, отраженного от цели, на фоне ложных сигналов, искажающих целевую обстановку. В этих условиях было бы целесообразно рассмотреть более подходящие критерии.

Замечания из отзыва официального оппонента Родионова А.А.

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)?

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 нем внимание.

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

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

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

Замечание из отзыва на автореферат Бабанова Н.Ю.

В автореферате при обсуждении результатов математического моделирования не говорится о том, с помощью каких инструментов они были получены, и на каком основании были выбраны те или иные параметры для моделирования.

Замечание из отзыва на автореферат Бобрешова А.М.

Недостаточная обоснованность полученного выражения для интегральной функции распределения собственных чисел выборочной корреляционной матрицы в случае короткой выборки.

Замечание из отзыва на автореферат Дорохова С.П.

В разделе 1.1 получено выражение для интегральной функции распределения, однако не представлена исходная формула, необходимая для наглядности.

Неясно, какое бралось заданное значение ложной селекции в главе 2.

В разделе 2.1 вводится модель сигналоподобной помехи, однако не приведено обоснование ее выбора.

Рассматривались ли в подразделе 3.2.4 зависимости величины потерь для вероятностей ложного разрешения, отличных от 10^{-3} .

Недостаточно раскрыты разделы 1.3 и 2.5, для улучшения восприятия изложенного материала не хватает иллюстраций для этих разделов.

Замечание из отзыва на автореферат Захарова Ф.Н., Аникина А.С.

Недостаточно подробно раскрыта степень подобия и отличия модели помехи от модели

полезного сигнала.

В названии диссертационной работы и в разделе «Актуальность» автореферата заявлены методы селекции и разрешения радиолокационных сигналов, однако только к 14-й странице автореферата становится ясным, что речь идёт именно об угловом разрешении радиолокационных целей, хотя существуют алгоритмы на похожих принципах для разрешения и по другим параметрам.

При анализе вероятности правильной селекции сигналоподобной помехи в качестве параметра рассматривается отношение сигнал/шум. Однако не уточняется, каким образом этот параметр вычислялся. Кроме этого, возможно более приемлемым был бы параметр «отношение сигнал/помеха».

На стр. 11 при описании формулы (6) указано, что рассматривается оптимальное решение задачи селекции полезного сигнала и сигналоподобной помехи. Однако не приведена постановка задачи оптимизации селекции указанных сигналов, в том числе, не указан критерий оптимизации. В то же время указан критерий Неймана-Пирсона для порога сравнения с собственными числами, являющийся частным случаем известных более общих критериев.

Для представленных количественных характеристик качества методов селекции и разрешения не приведено сравнение с известными методами, что делает затруднительным более полноценный анализ.

Замечание из отзыва на автореферат Кислицына А.А.

Неясно, при какой вероятности ложной селекции рассматривались характеристики селекции сигналоподобных помех во второй главе.

Рассмотрено разрешение источников сигналов только на фоне гауссовского шума, не рассмотрены другие случаи, например, на фоне активных и/или пассивных помех.

Замечание из отзыва на автореферат Лысякова Д.Н.

В разделе 2.5 диссертации рассмотрен случай быстрых и медленных флуктуаций амплитуды полезного сигнала. Однако, недостаточно подробно рассмотрено данное исследование в автореферате.

Замечание из отзыва на автореферат Павлова Г.Л.

Не рассмотрены многоэлементные антенные решётки, например, $N > 20$.

Неясно, зачем рассмотрен случай короткой выборки в разделе 1.3, а также очень кратко отражен этот раздел в автореферате.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается значительным опытом выполнения ими научно-исследовательских работ по тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований установлено следующее:

В данной работе представлены результаты исследования статистических свойств собственных чисел выборочной корреляционной матрицы, полученные с целью разработки эффективных методов обработки радиолокационных сигналов в условиях сложной помеховой обстановки. Ключевым достижением является получение аналитических выражений для интегральных функций распределения всех собственных чисел. Полученные формулы применимы к выборкам входного процесса произвольной длины, что значительно расширяет область их практического применения.

Полученные аналитические выражения были использованы для разработки нового алгоритма селекции сигналов с фазовыми флуктуациями. Этот алгоритм основан на оценке шумовых собственных чисел выборочной корреляционной матрицы с использованием полученных аналитических выражений для решающих статистик. Ключевое преимущество данного алгоритма заключается в его адаптивности к изменениям уровня фазовых флуктуаций принимаемых сигналов.

Кроме того, был разработан метод разрешения двух источников радиолокационных сигналов, принимаемых антенной решеткой, на основе анализа максимального шумового собственного числа выборочной корреляционной матрицы. Он позволяет эффективно разрешать близко расположенные источники даже при малых отношениях сигнал/шум, что является значительным достижением в области обработки сигналов антенных решеток.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что полученные аналитические выражения для интегральных функций распределения собственных чисел выборочной корреляционной матрицы при отсутствии источников сигналов для любого размера выборки и аналитические выражения для решающих статистик селекции сигналов с фазовыми флуктуациями, основанные на оценке шумовых собственных чисел выборочной корреляционной матрицы, могут быть использованы для развития теории радиолокации, цифровых фазированных антенных решёток, теории радиосвязи, теории обработки сигналов в беспроводных системах связи.

Значение полученных соискателем результатов для практики определяется тем, что предложенные методы могут быть использованы при проектировании новых и повышении эффективности известных систем пространственно-временной обработки сигналов современных радиолокационных систем. Кроме того, полученные решающие статистики селекции сигналоподобных помех в радиолокационных системах могут быть использованы при защите от имитирующих сигналоподобных помех систем радиосвязи и радионавигации. Также, предложенный подход может быть обобщен на широкий круг задач селекции сигналов в различных радиотехнических системах по величине фазовых флуктуаций данных сигналов.

Оценка достоверности полученных результатов исследования основывается на

использовании классических методов теории вероятностей, математической статистики, статистической радиофизики, статистической радиотехники, теории матриц и теоретической радиолокации. Также проведенные в работе исследования базируются на методах математического моделирования.

Достоверность результатов обеспечена экспериментальной проверкой с использованием высокотехнологичной аппаратуры и подтверждена сопоставлением результатов математического моделирования с натурными испытаниями. Результаты согласуются с современными данными отечественных и зарубежных источников.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке задач, проведении аналитических исследований и численного моделирования, обработке и анализе полученных результатов, подготовке публикаций.

В ходе защиты диссертации было высказано следующее критическое замечание:

Почему исследование проведено только в случае наличия гауссова шума?

Соискатель Кудряшова О.Е. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и замечание и привела собственную аргументацию:

Проведено исследование методов селекции и разрешения радиолокационных сигналов только на фоне гауссова шума, т.к. это наиболее часто рассматриваемый случай в теории обработки радиолокационных сигналов. Влияние других шумов, отличных от белого гауссова шума, является очень интересной задачей, но требует дополнительных исследований.

На заседании 02.04.2025 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития радиофизики, присудить Кудряшовой О.Е. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек из них 8 докторов наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени — 17, против присуждения ученой степени — 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета
Ученый секретарь
диссертационного совета



Гурбатов Сергей Николаевич

Клюев Алексей Викторович

02.04.2025