

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор, проректор по
научной и инновационной работе
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего
профессионального образования
«Владимирский государственный
университет имени Александра

Григорьевича и Николая
Григорьевича Столетовых»
д.ф.м.н., профессор

В.Г. Прокошев
« 2015 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» на диссертацию Гвоздарёва А.С. «Статистический анализ интегральной разности фаз при использовании радиоголографических эталонных методов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Устройства дистанционного контроля и досмотра (персонального и таможенного) на данный момент являются неотъемлемой частью многих существующих технических комплексов обеспечения безопасности. В качестве источников сигналов в таких системах чаще всего используются источники миллиметрового диапазона длин волн, что объясняется

сочетанием высокой проникающей способности при достаточной разрешающей способности. Недостатками подобного рода систем являются или высокие аппаратные требования для достижения желаемого качества: большое количество антенных элементов и каналов обработки, или, в противном случае, низкое качество оценки параметров исследуемых объектов. Проблема, в частности, заключается ещё и в том, что известные реализованные и функционирующие на данный момент системы голографического радиовидения, например, персонального досмотра: миллиметровый мобильный сканнер «MobileScan» (Brijot Imaging Systems Inc.), миллиметровый мобильный сканнер «Gen-2» (Transportation Security Administration), миллиметровый мобильный сканнер «ProVision» (L3-Communications Inc.) не предусматривают режима автоматического обнаружения или распознавания объектов: у всех систем на выходе формируется амплитудное изображение, передаваемое оператору (человеку) для принятия решения. Можно отметить, что при этом не достаточно используется информация, заложенная в фазовую голограмму (фазовую структуру рассеянного объектом поля). В связи с этим при постоянно возрастающих требованиях, предъявляемых к таким системам, повышается и интерес к методам регистрации и обработки сигналов, позволяющим повысить качество их функционирования. Выбранная диссертантом тема представляет интерес не только для специалистов в области радиофизики и статистикой обработки радиосигналов миллиметрового диапазона, но и для широкого круга научных групп, занимающихся проблемами проектирования систем радиовидения, поскольку разрешение рассматриваемых диссертантом вопросов может позволить дополнительно повысить качество функционирования проектируемых образцов за счёт увеличения количества извлекаемой информации об объекте. С учётом вышесказанного научно-практическая проблема, сформулированная в диссертации, **является актуальной.**

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и семи приложений. Диссертационная работа изложена на 164 страницах, содержит 41 иллюстрацию и список литературы из 136 наименований.

Актуальность исследований, новизна решаемых в диссертации задач, их практическая ценность следуют из проведённого автором во *введении* и *первой главе* критического анализа исследований по рассматриваемому направлению.

Используемая при теоретическом рассмотрении модель описана в *первой главе* диссертации. Автор ограничился рассмотрением модели системы голографического радиовидения с заранее заданными характеристиками приёмо-передающей антенной системы и излучаемого сигнала, а также со сформированной заранее базой данных эталонов, что применительно к решаемым им задачам вполне адекватно. Спецификой теоретического рассмотрения является анализ вероятностно-статистических характеристик формируемой на выходе системы голографического радиовидения интегральной разности фаз, которая используется в качестве функции близости, указывающей на степень схожести исследуемого объекта и элементов базы эталонов.

В результате проводимых вычислений во *второй главе* диссертации получены выражения для функции плотности вероятности, функции распределения и моментных функций, однако в общем случае полученные формулы достаточно сложны и не наглядны (например, выражение 2.80 на стр. 59 или 2.92 на стр. 63), в связи с чем, автор получает альтернативное представление функции плотности вероятности и асимптотические выражения (при большом отношении сигнал/шум) для моментов 1-4 порядков. Также предложен ряд аппроксимирующих выражений для функции плотности вероятности, которые базируются на хорошо известных подходах, традиционно применяемых в задачах анализа угловых

переменных. Глава завершается сравнительным анализом предлагаемых аппроксимаций и рекомендациями по их практическому использованию.

В *третьей главе* диссертационного исследования рассматривается задача оценки интегральной разности фаз. В работе рассматриваются хорошо зарекомендовавшие себя в подобного рода задачах метод максимального правдоподобия и метод моментов. Для сравнения получаемых оценок автор использует в качестве критериев их смещение и рассеяние. Также приводятся результаты сравнения с нижней границей Рао-Крамера для указания области соотношений сигнал/шум, в которых оценки являются эффективными. Немалое внимание автор уделяет временным затратам на получение оценок, что является важным с практической точки зрения.

Четвёртая глава посвящена исследованию одного из ключевых элементов процедуры построения набора эталонов: выбора минимального шага по величине оцениваемого параметра между эталонами. Для решения поставленной задачи автор предлагает два подхода: сведение к задаче проверки статистических гипотез при разрешении двух соседних эталонов и использование подхода на основе теории оценивания, за счёт введения статистического предела разрешения, определяющего минимально возможную точность оценки расстояния между двумя соседними эталонами. Второй подход позволяет в полной мере использовать результаты, полученные в третьей главе.

К числу наиболее важных, на наш взгляд, результатов диссертационной работы, **представляющих научный и практический интерес**, следует отнести:

- Выполнено теоретическое исследование вероятностно-статистических характеристик интегральной разности фаз. Впервые получены асимптотические выражения различной степени точности для моментов 1 – 4-го порядков. Получены удобные для практических расчетов выражения для аппроксимации функции плотности

вероятности интегральной разности фаз. На примере первых двух моментов проведён сравнительный анализ поведения предлагаемых аппроксимаций. Сделаны заключения относительно их применимости в различных практических условиях. Предложены рекомендации по использованию предлагаемых аппроксимаций.

- Разработана модель построения моментной и максимально правдоподобной оценок интегральной разности фаз. Впервые изучено влияние величины соотношения сигнал/шум и истинного значения интегральной разности фаз на качество получаемых оценок. Показан эффект влияния выборки на качество максимально правдоподобной оценки. Указаны области эффективности и несмещённости получаемых оценок. Проанализированы временные затраты, необходимые на их получение. Предложены рекомендации по проведению процедуры оценивания в различных практических условиях.
- Предложены оригинальные методы оптимизации набора эталонов за счёт выбора минимального шага сетки эталонов. Проведено сравнение требований, предъявляемых предложенными критериями к системам голографического радиовидения, использующим эталонные фазовые методы. Указан подход, позволяющий уменьшить требуемую величину соотношения сигнал/шум, при сохранении минимального шага сетки эталонов.

Достоверность результатов исследования, обоснованность научных положений и выводов в диссертационной работе обеспечивается выбором надёжного физико-математического аппарата исследований. Защищаемые положения сформулированы в результате выполнения большого объёма численного моделирования рассматриваемых систем, что придаёт им высокий уровень обоснованности.

Практическая значимость результатов работы заключается в следующем:

- Полученные результаты сравнительного анализа строгого и предложенных аппроксимирующих выражений для плотности вероятности интегральной разности фаз позволяют в зависимости от ряда параметров системы выбрать ту аппроксимацию, которая обеспечит наименьшее отклонение первых двух моментов от их истинного значения, используемых в дальнейшем для построения оценок и указания их качества.
- Указанные границы применимости полученных выражений позволяют на практике определить диапазон допустимых значений отношений сигнал/шум и объёма статистической выборки для построения системы определения параметров радиоголографических объектов с заданным качеством.
- Проведённое исследование зависимости границ качества оценки параметров радиоголографических объектов от отношения сигнал/шум, объёма выборки и наличия априорной неопределённости относительно величины амплитудного расхождения позволяет произвести планирование имитационного или экспериментального исследования по оценке параметров радиоголографических объектов.
- Программы моделирования, полученные в результате диссертационного исследования, могут быть использованы при разработке систем голографического радиовидения для задач определения параметров объектов.

В связи с отмеченной практической значимостью **результаты представленных в диссертации исследований могут быть рекомендованы** к использованию на предприятиях и организациях, проводящих научные исследования и разработки по тематикам, связанным с радиоголографией и СВЧ дистанционным зондированием: Научно-исследовательский институт радиоэлектронной техники при ФГБОУ ВПО «Московский государственный технологический университет им. Н.Э.

Баумана», ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», ФГБОУ ПВО «Московский Технический Университет Связи и Информатики», ФГБОУ ВПО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета, а также институтах РАН и министерства образования и науки.

Материалы работы изложены в 4 статьях в журналах, рекомендованных ВАК, в 18 работах, опубликованных в трудах международных и Всероссийских конференций и межвузовских сборниках.

Автореферат правильно отражает основное содержание диссертации.

В качестве **замечаний и недостатков** диссертационной работы можно отметить следующие:

1. Во второй главе диссертации для сравнения предлагаемых аппроксимаций автор выбирает в качестве критерия расстояние полной вариации, не указывая причин такого выбора.

2. Большая часть результатов второй главы, посвященная асимптотикам, практически в работе не используется. Хотя кажется разумным, что они могут позволить уменьшить временные затраты на получение решений, приводимых в главах 3 и 4.

3. В работе в качестве модельных объектов, на примере которых производится численное моделирование, рассматриваются ленты, конечные и бесконечные цилиндры. При этом очевидно, что при практической реализации электродинамические модели исследуемых объектов будут существенно сложнее.

4. Имитационные программы (скрипт-программы), а также математические модели, разработанные в ходе подготовки результатов диссертации реализованы в среде Wolfram Mathematica, что накладывает ряд ограничений на переносимость и возможность дальнейшего использования

разработанных моделей.

5. В работе имеется умеренное количество опечаток.

Отзыв о диссертации Гвоздарёва А.С. составлен А.П. Галкиным, доктором технических наук и П.А. Полушиным, доктором технических наук, профессорами кафедры радиотехники и радиосистем факультета радиофизики, электроники и медицинской техники «Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

Отзыв обсужден и единогласно поддержан на заседании кафедры радиотехники и радиосистем федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» « 20 » марта 2015 года, протокол № 11 .

Заведующий кафедрой
радиотехники и радиосистем,
ФГБОУ ВПО ВлГУ
Заслуженный деятель науки РФ,
д.т.н., профессор -

Олег Рафаилович Никитин

Наименование организации в соответствии с уставом - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ)

Индекс, почтовый адрес – 600000, Россия, Владимирская область,
г. Владимир, ул. Горького, 87

Телефон – (4922) 479795, 53-25-75, 47-97-37, 33-13-91

E-mail: oid@vlsu.ru, galkin@vlsu.ru, olnikitin@mail.ru