



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

«УТВЕРЖДАЮ»

И.О. Ипатов директор по научной работе

Ипатов О.С.
09 _____ 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Строкова Виталия Игоревича
«Развитие методов обработки сложных сигналов
в системах радиолокации»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности **01.04.03 - «радиофизика»**

Диссертационная работа Строкова В.И. посвящена методам цифровой обработки сложных сигналов в системах радиолокации.

Актуальность темы. Современные системы радиолокации представляют собой сложные многофункциональные комплексы аппаратуры, дальнейшее развитие которых связано не только с успехами электроники и электронной техники, но и с успехами в области цифровой обработки сигналов. Анализ и синтез систем радиолокации, как правило, реализуется на основе положений теории оптимального приема, позволяющей решать общие задачи статистической радиотехники: задачи обнаружения, задачи оценки параметров, задачи разрешения и фильтрации сигналов на фоне помех.

Традиционно при цифровой обработке сигналов от функции правдоподобия переходят к уравнениям правдоподобия. Их решения позволяют получить функциональные зависимости, допускающие максимизацию функции правдоподобия по неизвестным неэнергетическим параметрам. В результате реализуются спектральный и корреляционный анализ. Эти методы оптимальны при обработке одиночного сигнала, содержащегося в принятом сообщении. Однако при наличии в принятом сообщении двух и более сигналов оптимальность решения задач статистической радиотехники нарушается. В этом случае вводится функция неопределенности (критерий разрешения Рэлея в одномерном случае), разделяющая многообразие сигналов на класс ортогональных сигналов, когда основные максимумы корреляционных или спектральных функций сигналов не перекрываются, и класс неортогональных сигналов, когда основные максимумы указанных функций частично перекрываются. Указанные выше задачи решаются на практике, в основном в области ортогональности сигналов. Можно отметить, что в области неортогональности совокупности сложных сигналов, как в теории, так и в практике радиолокации, требуются дальнейшие многоплановые исследования. На решение этой достаточно сложной, но актуальной задачи и направлена настоящая диссертационная работа.

Основные научные результаты, полученные автором, и их новизна.

Диссертационная работа Строкова В.И. содержит ряд новых результатов.

1. Предложен алгоритм минимизации функционала правдоподобия, основанный на технологии параллельных вычислений CUDA, а также алгоритм быстрой минимизации функционала на основе алгоритма глобальной оптимизации CRS_LGM, что существенно ускоряют процесс обработки сигналов.

2. Предложена программно-аппаратная реализация алгоритма фильтрации сложного сигнала на фоне сосредоточенной или импульсной помехи, имеющей интервал корреляции случайного параметра больший, чем интервал обработки полезного сигнала. Реализованный фильтр позволил

обрабатывать смесь сигнала и помехи при коэффициенте их взаимной корреляции, достигающим значения 0.9.

3. В режиме реального времени предложена технология, реализующая на индикаторе приемника-обнаружителя радиолокатора шкалу вероятности обнаружения полезного сигнала по максимуму корреляционной функции.

4. Проанализирован алгоритм поляризационного разрешения сложных сигналов, возможности которого полностью подтверждены модельными и экспериментальными исследованиями.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность и обоснованность выводов, полученных в диссертационной работе, определяется используемым апробированным математическим аппаратом теории статистической радиотехники, а также использованием различных многократно проверенных современных экспериментальных методов и методов компьютерного моделирования. Полученные результаты соответствуют существующим теоретическим представлениям и моделям.

Практическая значимость полученных автором результатов. Полученные в диссертационной работе выводы, предложенные алгоритмы и технологии могут быть непосредственно применены при реализации комплексов аппаратуры радиолокационных систем.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы. Результаты, полученные в диссертации, были внедрены в учебный процесс БФУ им. И. Канта и использованы при разработке продукта «Аппаратно-программный модуль вторичной обработки сигналов и автоматической обводки высотно-частотной характеристики» для НПК «НИИДАР», выполнении НИР «Разработка адаптивного фильтра для фильтрации неортогональных сигналов» в рамках гранта УМНИК, выполнении НИОКР «Разработка нового подхода в обработке радиочастотных откликов в рамках теории оптимального приема для структурного анализа новых перспективных материалов» в рамках гранта УМНИК на СТАРТ.

Оформление диссертации. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ.

Материал изложен логичным, доступным для понимания языком. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа представлена на 160 страницах, содержит 3 главы, введение, заключение, приложение и список использованной литературы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на XII, XIII, XIV и XV научно-практических конференциях «Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов, докторантов, соискателей и магистров» (Калининград, БГАРФ, 2012 – 2015); XV, XVI, XVII, XVIII международных конференциях «Цифровая обработка сигналов и ее применение (DSPA)» (Москва, 2013 – 2016); XIX, XX, XXI научно-технических конференциях «Радиолокация, навигация, связь», (Воронеж, 2013 – 2015) и изложены в 26-ти публикациях, пять из которых опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК.

Замечания по диссертации. По диссертационной работе Строкова В.И. можно отметить, следующие замечания:

1. В тексте диссертации встречаются опечатки, недостаточно корректные формулировки, имеются погрешности в оформлении графического материала и формул.

2. Доказательства некоторых положений излагаются слишком схематично, что затрудняет их понимание. Постановка отдельных задач недостаточно полна.

3. В работе не проводится сравнение полученных результатов с аналогичными результатами, полученными по другим критериям оптимального обнаружения (например, минимаксными алгоритмами).

4. Алгоритмы оптимальной обработки получены для модели гауссовского шума. Для радиолокации большой интерес представляют алгоритмы обработки для негауссовских моделей помех.

Указанные недостатки не снижают ценности полученных результатов и высокий научный уровень представленного исследования.

Общие выводы. Диссертация Строкова В.И. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему.

Диссертационная работа Строкова В.И. по форме и содержанию удовлетворяет требованиям п. 9 Положения ВАК Министерства образования и науки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор **Виталий Игоревич Строков заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «радиофизика».**

Диссертационная работа и отзыв обсуждались на открытом семинаре кафедры «Радиофизика» института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций Санкт-Петербургского политехнического университет Петра Великого. Отзыв одобрен на открытом семинаре кафедры. Протокол № 1 от «5» сентября 2016 года.

Отзыв составил:

Зав.кафедрой радиофизики
Профессор, доктор физ.-мат. Наук

(Лиокумович Леонид Борисович тел. 8(812)5529678, e-mail: liokumovich@spbstu.ru)

Директор института физики,
нанотехнологий и телекоммуникаций,
зав. кафедрой радиотехнические и телекоммуникационные системы,
д.т.н., профессор



Лиокумович Л.Б.



Макаров С.Б.

ФИО: Макаров Сергей Борисович

Ученая степень: доктор технических наук

Специальность: 05.12.04

Почтовый адрес: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29,
СПбПУ, институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций

Адрес электронной почты: makarov@cee.spbstu.ru

Наименование организации: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Должность: директор института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций, зав. кафедрой «Радиотехнические и телекоммуникационные системы»

Полное наименование организации	федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».
Краткое наименование организации	СПбПУ
Ведомственная принадлежность	Министерство образования и науки Российской Федерации
Почтовый индекс, адрес	195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29
Веб-сайт	http://www.spbstu.ru/
Телефон	+7 (812) 552 60 80
Адрес электронной почты	office@spbstu.ru
Публикации сотрудников университета по специальности 01.04.03	
1. Иванов С.И., Лавров А.П., Саенко И.И. Оптоволоконная система формирования диаграммы направленности широкополосной приемной фазированной антенной решетки с использованием технологии волнового мультиплексирования и хроматической дисперсии волокна <i>Оптический журнал</i> . 2015. Т. 82. № 3. С. 13-22	
2. Ivanov, S.I., Lavrov, A.P. & Saenko, I.I. "Application of the fiber-optic communication system components for ultrawideband antenna array beamforming", In Proceedings of X Anniversary International Conference on Antenna Theory and Techniques (ICATT-15), pages 366-368, (2015).	
3. Лавров, А.П. & Молодяков, С.А. "Оптоэлектронный процессор для регистрации радиоизлучения пульсаров", Приборы и техника эксперимента, 1, стр. 136-145, (2015).	
4. Ivanov, S.I., Roev, A., Chernov, V., Ipatov, A. & Mardishkin, V. "Ultra-Wideband Feed for Radio Telescope of a New-Generation Radio Interferometric Network", In Internet of things, smart spaces and next generation networks and systems, LNCS 9247, pp. 729-738, (2015).	
5. Ivanov, S.I., Saenko, I.I. & Lavrov, A.P. "Investigation of Key Components of Photonic Beamforming System for Receiving Antenna Array", In Internet of things, smart spaces and next generation networks and systems, LNCS 9247, pp. 698-704, (2015).	
6. Иванов, С.И., Лавров, А.П. & Саенко, И.И. "Возможности применения компонентов телекоммуникационных волоконно-оптических линий для диаграммоформирующих систем	

широкополосных антенных решеток ", In Proceedings of 24th Int. Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology" (CriMiCo'2014, pages 479-480, (2014).

7. Макаров С.Б., Марков А. М. Прием «в целом» случайных последовательностей частотно-манипулированных сигналов с межсимвольной интерференцией. Радиотехника. 2011. №3. С. 46-51.