

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., профессора Карлова Анатолия Михайловича на диссертацию 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

В настоящее время системы радиолокации представляют собой сложные многофункциональные радиотехнические комплексы, работающие на основе широкополосных сигналов. Их дальнейшее развитие связано как с достижениями в области электроники и вычислительной техники, так и с разработкой новых более эффективных цифровых методов обработки сигналов. Теоретической основой методов обработки сигналов являются положения теории оптимального приема. Они обеспечивают высокую эффективность обработки одиночного сигнала, содержащегося в принятом сообщении. Однако, при обработке совокупности сигналов, содержащихся в принятом сообщении, возможность решения задач статистической радиотехники оказывается ограниченной критерием Рэлея и связана с анализом функции неопределенности. Основной целью настоящей работы является создание методов обработки в области неортогональности двух или более сложных сигналов, содержащихся в принятом сообщении, когда критерий Рэлея не выполняется, когда корреляционные или спектральные функции двух сигналов частично перекрываются. При достижении поставленной цели значительно расширяется область решения статистических задач радиотехники на основе положений теории оптимального приема. В связи с этим тематика настоящей диссертационной работы является актуальной.

Диссертационная работа Строкова В.И. состоит из введения, трех глав, заключения и приложения. Во введении обосновывается актуальность работы, формулируются цели и задачи исследований. Представлен обзор методов обработки сигналов в радиолокационных комплексах аппаратуры. В первой главе изложены вопросы, касающиеся развития теории и методов обработки сложных сигналов. Во второй главе представлены основные результаты проведенных модельных исследований. Они значительно дополняют теоретические исследования, проведенные в первой главе, иллюстрируя возможности разработанных методов. В третьей главе представлены результаты проведенных экспериментальных исследований, основной целью которых являлось подтверждение вопросов теории и результатов модельных расчетов. В заключении кратко изложены основные результаты настоящей работы. В приложении описывается разработанная автором на основе ПЛИС радиоплата, реализующая алгоритм разрешения сложных сигналов в области их неортогональности в режиме реального времени. Диссертационная работа изложена на 160 страницах текста.

Методологической основой настоящей работы является сопоставление двух методов минимизации функционала правдоподобия: непосредственная минимизация функционала цифровыми методами и минимизация функционала правдоподобия при переходе к уравнениям правдоподобия. Как показано в работе, при переходе к уравнениям правдоподобия критерием отбора решений является энергия совокупности сигналов, которая может меняться за счет явления интерференции. Это ограничивает область решения статистических задач радиотехники областью их ортогональности. При непосредственной минимизации функционала правдоподобия критерием отбора решений является минимум поверхности, который реализуется при полном совпадении всех параметров совокупности сигналов с оцениваемыми параметрами в копии совокупности сигналов. При такой минимизации функционала правдоподобия решения статистических задач радиотехники можно получить и в области неортогональности сигналов. Различие результатов двух указанных методов минимизации достаточно убедительно представлено в первой и второй главах диссертационной работы. Этот результат является новым и достаточно фундаментальным результатом в теории оптимального приема при обработке совокупности сигналов.

Данный результат является основой для решения задачи разрешения и оценки параметров двух и более сигналов в области их неортогональности. При этом автором работы установлена рабочая область решения этой задачи. Она определяется изменением нормированного коэффициента корреляции между сигналами в пределах от нуля до значения 0.9. С увеличением количества сигналов в принятом сообщении машинное время, необходимое для решения задачи оценки параметров, значительно увеличивается. Автором работы предложены методы быстрой минимизации функционала правдоподобия, основанные на применении технологии параллельных вычислений и глобальной оптимизации.

Автором работы обращено внимание на возможность оценки дисперсии шума в принятом сообщении по значению минимума функционала правдоподобия. Это позволило предложить новый алгоритм решения задачи обнаружения сложного сигнала с неизвестными параметрами, отличающийся структурой оптимального приемника обнаружителя. Он дает возможность на индикаторе приемника устанавливать шкалу вероятности приема сигнала.

Новым и важным результатом настоящей работы является разработка нового подхода к решению задачи адаптивной фильтрации сложного сигнала в условиях помехи. Задача фильтрации решается при условии, что интервал корреляции помехи больше, чем интервал обработки. В результате помеху на интервале обработки можно считать детерминированной с неизвестными параметрами. Ее взаимосвязь с сигналом полностью определяется коэффициентом корреляции. Используя непосредственную минимизацию

функционала правдоподобия, параметры сигнала и помехи оцениваются, и помеха может быть полностью исключена из принятого сообщения.

К недостаткам настоящей диссертационной работы следует отнести следующее.

1. Граница рабочей области алгоритмов обработки коррелированных сигналов $|R| < 0,9$ в параграфе 1.6 определена по увеличению дисперсии оценки амплитуд коррелированных сигналов на 7 дБ, судя по формуле (1.6.4) для случая детерминированной частоты и времени прихода сигналов. Во-первых непонятно чем обосновано это допустимое увеличение дисперсии оценки амплитуд в 5раз и во-вторых представляется необоснованным утверждение, что эта рабочая зона справедлива и при решении других задач (параграфы 1.8, 1.10.2).
2. Параграф 1.10.2 представляется незавершенным. Не приведено физическое толкование ошибки ϵ и взаимосвязи входящих в формулу (1.10.16) операторов с коэффициентами поляризации и углом между волновым вектором и вектором магнитного поля Земли для принимаемого эллиптически поляризованного сигнала.
3. При представлении результатов модельных исследований (рисунки 2.6.5; 2.6.9; 2.6.13; 2.6.15; 2.6.17) четко не оговаривается какие из параметров сигналов и помехи считались априорно известными, а какие нет.
4. Представленные в третьей главе экспериментальные данные позволяют дать только качественную субъективную оценку положительного эффекта при оценке времени прихода сигнала за счет использования предлагаемых алгоритмов обработки сигналов.
5. Имеются также ошибки оформительского характера: допущены ошибки при записи формул (1.10.11); в формулах (1.10.12) не раскрыто физическое толкование параметров $A_1, A_2, \varphi_1, \varphi_2$; не ясно откуда появилась формула (2.2.5) и как определяется значение параметра w ; рисунки 2.5.5 и 2.5.6 не сопоставимы, так как соответствуют разным значениям отношения сигнал/шум; рисунки 3.2.4 и 3.2.6; 3.2.8 и 3.2.10; 3.2.12 и 3.2.14 не сопоставимы, так как не обозначены числовые значения по оси ординат; на страницах 52,68,70, 98,99,101,109,125,131 от 0,3 до 0,5 страниц пусты.


Однако отмеченные недостатки не являются решающими при оценке диссертационной работы в целом.

Оппонируемая работа представляет собой законченное исследование, в котором решен ряд важных и актуальных задач по развитию цифровых методов обработки сложных сигналов, имеющих научную новизну и практическую значимость. Достоверность полученных результатов подтверждается результатами модельных исследований, приведенных во второй главе и экспериментальных исследований, приведенных в третьей главе. Полученные в работе результаты достаточно полно отражены в научных публикациях автора (26 наименований, из которых 5 в изданиях

перечня ВАК) Автореферат верно и достаточно полно отражает содержание диссертации. Диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Строков Виталий Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиоп физика.

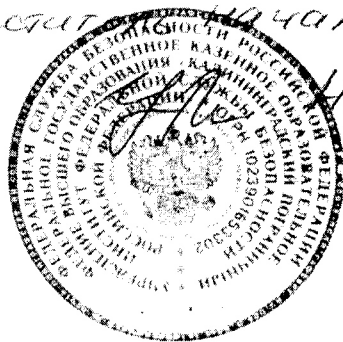
«06» сентября 2016 г.

д.т.н., профессор, профессор кафедры радиотехники Калининградского пограничного института ФСБ России

 А. М. Карлов

Подпись А. М. Карлова удостоверяю.

Заместитель начальника отдела кадров



И. Г. Удалов

Сведения об официальном оппоненте.

ФИО: Карлов Анатолий Михайлович

Ученая степень: доктор технических наук

Специальность: 05.22.14

Почтовый адрес: 236034, г. Калининград, ул. Подполковника Емельянова, д. 244

Адрес электронной почты: Karloff.a@yandex.ru

Наименование организации: Федеральное государственное кезенное образовательное учреждение высшего образования Калининградский пограничный институт федеральной службы безопасности Российской Федерации.

Ученое звание: профессор

Почетное звание: заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.

Должность: профессор кафедры радиотехники

Список основных публикаций официального оппонента Карлова А. М. по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет

1. Карлов А. М. Прием ЧМ-сигнала по производной отношения квадратурных составляющих /А.М. Карлов, Е.В. Волхонская, Е.В. Иванов// Территориально распределенные системы охраны № 9. 2011 г. (Журнал в журнале «Радиосистемы». Выпуск 160) –с. 4-8.

2. Карлов А. М. Модельное исследование помехоустойчивости устройства, реализующего беспороговый прием ЧМ-сигнала./А.М. Карлов, Е.В. Волхонская, Е.В. Коротей// Территориально распределенные системы охраны №10, 2012 г. (Журнал в журнале «Радиосистемы». Выпуск 170) –с. 28-30.

3. Карлов А. М. Марковская модель обоснования состава резерва технических средств в пункте пропуска людей, транспортных средств и грузов./А.М. Карлов, А.А. Костин, А. Н. Аверкиев.// Территориально распределенные системы охраны. №12 2014 г. (Журнал в журнале «Радиосистемы». Выпуск 183). –с. 47-49.

4. Карлов А. М. Полумарковская модель определения пропускной способности распределенной радиотехнической системы. /А.М. Карлов, А.А. Костин, С.С. Баратов// Территориально распределенные системы охраны №13, 2015 г. (журнал в журнале «Радиосистемы». Выпуск 191). – с. 34-38.