

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Сай Си Ту Мин

“Разработка алгоритмов статистического анализа информационных сигналов со скачкообразным изменением характеристик в условиях параметрической априорной неопределённости”,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)

Задача обнаружения и измерения процессов со скачкообразным изменением свойств в неизвестный момент времени достаточно часто встречается в локации, связи, телеметрии, промышленной диагностике и др. При этом во многих приложениях в качестве математической модели таких процессов используется совокупность независимых гауссовских отсчётов (после операции дискретизации), либо гауссовские процессы авторегрессии (авторегрессии-скользящего среднего). Кроме того, аналитические выражения для характеристик предлагаемых алгоритмов обработки квазидетерминированных и случайных сигналов с неизвестными разрывными параметрами найдены для сравнительно ограниченного круга частных задач. В то же время представляет интерес получить общую методику статистического анализа достаточно широкого класса информационных процессов, с теоретическим определением эффективности функционирования соответствующих обнаружителей и измерителей скачкообразного изменения свойств, в том числе с учётом аномальных эффектов. Поэтому диссертационная работа Сай Си Ту Мин, посвящённая разработке более простых и универсальных по сравнению с существующими способов обнаружения и измерения скачкообразных изменений сигналов (процессов) в условиях параметрической априорной неопределённости и развитию методов аналитического расчета характеристик (включая возможные аномальные ошибки) синтезированных на их основе приёмных устройств, представляется достаточно актуальной и имеет очевидное теоретическое и прикладное значение.

В диссертации в условиях пренебрежения величинами порядка времени корреляции анализируемого случайного процесса найдены новые приближённые выражения решающих статистик (логарифмов функционалов отношения правдоподобия) для задач обработки низкочастотных и высокочастотных разрывных гауссовских процессов. Выполнена аналитическая максимизация решающих статистик по неизвестным регулярным параметрам, на основе которой синтезированы адаптивные максимально-правдоподобные алгоритмы обнаружения и измерения момента разладки и энергетических параметров гауссовских процессов, допускающие аппаратную реализацию в виде одноканальных устройств.

Поскольку рассматриваемые в работе информационные процессы описываются ступенчатыми функциями, реализации решающих статистик по текущему значению неизвестного момента скачкообразного изменения процесса оказываются недифференцируемыми ни в каком вероятностном смысле. В результате применить стандартные вероятностные методы теории информации для статистического анализа таких сигналов (в том числе, определить хотя бы потенциальную точность их обработки) не представляется возможным. Для преодоления указанной трудности автором развиты общие методы расчёта асимптотических формул для характеристик алгоритмов обнаружения и измерения параметров разрывных квазидетерминированных и гауссовских сигналов, в том числе с учётом аномальных решений, возможных при не слишком больших выходных отношениях сигнал/шум (ОСШ). В основе предложенного подхода лежит представление с помощью корректных приближений приращения решающей статистики на интервале надёжной оценки измеряемого разрывного параметра (момента скачкообразного изменения) и самой решающей статистики на интервале аномальной оценки измеряемого разрывного параметра марковскими случайными процессами диффузионного типа (метод локально-марковской аппроксимации). Тогда, решая соответствующие уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова с заданными начальными и граничными условиями, автору удалось записать общие асимптотически точные (с ростом выходного ОСШ) аппроксимации плотности вероятности и центрального момента n -го порядка оценок разрывного параметра полезного сигнала (надёжных и с учётом аномалий). Используя описанный подход, найдены

общие аналитические выражения для характеристик обнаружителей квазидетерминированных и случайных сигналов с неизвестным разрывным параметром. Рассмотрены примеры применения полученных результатов в практических приложениях.

Отдельный интерес в приведённых результатах статистического анализа разрывных информационных процессов представляет обобщение метода локально марковской аппроксимации для аналитического расчёта характеристик соответствующих обнаружителей и измерителей на случай ненулевой расстройки по некоторому неизвестному неинформативному параметру, приводящей к несостоятельности оценки информативного разрывного параметра. С помощью выполненного обобщения автором получены общие формулы, описывающие качество функционирования алгоритмов обработки широкого класса разрывных квазидетерминированных и гауссовских сигналов с учётом аномальных эффектов. Практическое использование найденных общих формул проиллюстрировано на конкретных примерах.

При анализе алгоритмов обнаружения и оценки параметров разладки случайных процессов описана новая методика аналитического определения закона распределения и моментов оценки разрывного параметра анализируемого процесса при произвольных выходных отношениях сигнал/шум в ситуации, когда сигнальная функция решающей статистики является кусочно-монотонной.

Методами статистического моделирования установлено, что полученные теоретические результаты хорошо согласуются с соответствующими экспериментальными данными в широком диапазоне значений параметров реализации наблюдаемых данных (широком диапазоне значений выходных ОСШ).

Таким образом, содержание диссертационной работы соответствует теме, а сама диссертация является законченной научно-исследовательской работой.

Основные выводы диссертации обладают необходимой новизной и представляются полезными для теории информации и её практических приложений. Автором разработана достаточно универсальная методика статистического синтеза алгоритмов обработки быстрофлуктуирующих

случайных процессов со скачкообразным изменением свойств в условиях параметрической априорной неопределённости, основанная на пренебрежении величинами порядка времени корреляции анализируемого процесса. Это позволило ему получить новые технически более простые по сравнению с известными аналогами алгоритмы обнаружения и оценки момента разладки и энергетических параметров низкочастотных и высокочастотных гауссовских процессов, наблюдаемых на фоне белого шума. Автором предложена единая методика статистического анализа алгоритмов обработки разрывных квазидетерминированных и случайных (гауссовских) сигналов, наблюдаемых на фоне гауссовских помех, и её обобщение на случай несостоятельной оценки неизвестного разрывного параметра. На основе данной методики удаётся получить аналитические формулы, описывающие эффективность функционирования обнаружителя и измерителя разрывного сигнала заданного вида с учётом возможных аномальных решений, в том числе выражения для характеристик синтезированных алгоритмов определения разладки быстрофлуктуирующих гауссовских процессов. Новизной также обладает представленная методика расчёта характеристик обнаружителей и измерителей информационного процесса со скачкообразным изменением свойств при произвольных ОСШ, если в явном виде не удаётся задать область аномальной оценки неизвестного разрывного параметра. Известные способы расчёта для таких случаев позволяют записать выражения для вероятностей ошибок (ложной тревоги и пропуска сигнала), смещения и рассеяния выносимой оценки лишь в условиях высокой апостериорной точности (без учёта аномальных эффектов). Заслуживают внимания цифровые алгоритмы моделирования работы обнаружителей и измерителей разрывных гауссовских случайных процессов, реализующие ряд процедур и позволяющих сократить затраты машинного времени.

Достоверность и обоснованность основных результатов работы подтверждается корректным использованием математического аппарата теории вероятностей, теории случайных процессов, математической статистики и статистической теории информации, согласованием с экспериментальными данными, совпадением в частных случаях с известными ранее,

апробацией полученных результатов в научной печати и выступлениями на научных конференциях.

Диссертационная работа Сай Си Ту Мин написана в достаточно чётком и ясном стиле. Содержание автореферата адекватно отражает содержание диссертации, а её основные результаты достаточно полно опубликованы в научной печати.

Вместе с тем диссертационная работа Сай Си Ту Мин не свободна от недостатков, а именно:

1. Базовые формулы для характеристик решающей статистики (1.4), (1.5), (2.4), (2.5) можно было бы выбрать более общими (несимметричными относительно истинного значения разрывного параметра), и в результате получить несколько более общие выражения для характеристик обнаружения и оценки параметра разрывного сигнала.

2. При описании применения метода локально-марковской аппроксимации для статистического анализа скачкообразно изменяющихся процессов (разделы 1, 2) не обосновано использование равномерного распределения для нахождения характеристик аномальной оценки разрывного параметра информационного сигнала.

3. При определении пороговых характеристик алгоритмов обработки информационного сигнала в случае несостоятельной оценки его разрывного параметра (раздел 2) область анализа ограничивается лишь плоской вершиной сигнальной функции решающей статистики, без учёта её фронтов. Это несколько снижает общность и границы применимости полученных результатов.

4. При синтезе алгоритмов разладки случайных процессов (разделы 3 и 4) недостаточно чётко сформулированы критерии налагаемых «сильного» и «слабого» условий: в каком смысле условие считается «сильным», а в каком – «слабым»?

5. Формулы (3.25), (4.38), (4.41) для характеристик обнаружения и оценки момента разладки, вообще говоря, не следуют из приводимых автором общих формул (1.47), (1.48), (1.71) для характеристик алгоритмов обработки информационного процесса с неизвестным разрывным параметром. В этой связи следовало более чётко описать условия и целесообразность применения того или иного способа расчёта.

Однако сделанные замечания не являются определяющими и существенно не снижают качество и значимость полученных результатов. В целом диссертационная работа Сай Си Ту Мин “Разработка алгоритмов статистического анализа информационных сигналов со скачкообразным изменением характеристик в условиях параметрической априорной неопределённости” удовлетворяет требованиям пунктов 9-14 “Положения о порядке присуждения учёных степеней”, предъявляемым к кандидатским диссертациям, её содержание соответствует специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации), а Сай Си Ту Мин заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент
 профессор кафедры радиофизики
 Федерального государственного
 бюджетного образовательного
 учреждения высшего образования
 «Воронежский государственный
 университет», доктор
 физико-математических наук
 (01.04.03 – Радиофизика), доцент



Корчагин Юрий
 Эдуардович

E-mail: korchagin@phys.vsu.ru

09.03.2017

Адрес: 394006, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1;

тел.: (473) 220-83-94;

e-mail: office@main.vsu.ru;

адрес сайта: <http://www.vsu.ru>

Подпись профессора кафедры радиофизики ФГБОУ ВО «ВГУ»

Ю.Э. Корчагина удостоверяю

Учёный секретарь Учёного совета

кандидат экономических наук




Васильева К.Н.