

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Серебрянниковой Ольги Анатольевны «Синтез и анализ дискриминационных алгоритмов оценки параметров фрагментов неоднородных полей», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – «Радиофизика»

Диссертация Серебрянниковой Ольги Анатольевны посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию алгоритмов оценки параметров фрагментов неоднородных полей. Целью работы является построение алгоритмов оценки сдвига фрагментов неоднородных полей с помощью устройства типа дискриминатор и их статистический анализ, модификация алгоритмов для получения статистически устойчивых оценок. Такой подход основан на формировании некоторого сигнала, пропорционального отклонению оцениваемого параметра относительно некоторого фиксированного значения, известного наблюдателю.

1. Актуальность темы диссертации и соответствие специальности

Актуальность поставленной в диссертационной работе задачи обусловлена необходимостью повышения точности, скорости работы, а также достоверности исследования многомерных массивов данных в условиях различных искажений и воздействия помех.

Так, во многих радиотехнических системах при необходимости реализации высокоточной оценки некоторого неизвестного параметра, часто применяется такое устройство как дискриминатор. Как правило предполагается гауссовский закон распределения дискриминационной статистики в предположении, что отношение сигнал/шум является достаточно большим.

Однако для поставленной в диссертации задачи высокоточной оценки неизвестного параметра местоположения (сдвига) фрагмента на двумерном дискретном неоднородном поле (изображении), неизбежно регистрируемом на фоне гауссовских шумов, требование к большому отношению сигнал/шум не всегда выполняется. Вследствие априорной неопределенности относительно параметров и формы оцениваемого фрагмента возникает необходимость применять эвристические или субоптимальные алгоритмы. Таким образом, возникает необходимость разработки универсальных подходов, устойчивых к малому отношению сигнал/шум и нечеткой структуре изображения. При этом современные системы видеонаблюдения накладывают дополнительные требования на разрабатываемые методы. К таким требованиям следует отнести высокое быстродействие, оптимизацию вычислительной сложности (для обеспечения работы системы в режиме реального времени), а также высокую (субпиксельную) точность оценки. Дискриминатор обеспечивает выполнение данных требований, поэтому задача развития методов оценок на его основе является актуальной.

Тема диссертационной работы соответствует специальности 1.3.4 – «Радиофизика».

2. Содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы. Полный объём диссертации составляет 149 страниц, включая 56 рисунков и 4 таблицы. Список литературы содержит 147 наименований.

Во введении обоснована актуальность решаемой задачи, сформулированы цель и методы исследования. Определены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, их достоверность, основные положения, выносимые на защиту, личный вклад автора, а также приведены данные о структуре и объёме диссертационной работы и публикациях автора.

В первой главе представлены алгоритмы предварительной обработки полей, позволяющие повысить точность последующей оценки: методы гистограммной коррекции, в том числе предложенное автором решение обратной задачи для частного случая яркостной гистограммы в целях повышения визуального качества изображения; алгоритм оценки анизотропии. На основе спектрального алгоритма оценки анизотропии автором предложен новый подход к локализации фрагмента неоднородного поля, применяемый при априорной неопределенности относительно параметров и местоположения фрагмента на кадре. Предложенный алгоритм основан на поблочном вычислении спектральной статистики и сравнении ее с порогом, выбранным в соответствии с критерием Неймана-Пирсона.

Во второй главе получен комбинированный алгоритм оценки сдвига фрагментов изображения. В качестве первого этапа данного алгоритма предложен спектральный алгоритм локализации фрагмента неоднородного поля. В качестве второго этапа при реализации высокоточной оценки автором предложен метод шаблонного поиска. На третьем этапе для реализации высокоточной оценки местоположения фрагмента неоднородного дискретного двумерного поля предложено применять дискриминатор, обеспечивающий работу измерительной системы в режиме реального времени вследствие его высокого быстродействия.

Представлен анализ различных дискриминационных алгоритмов, проведено их сравнение по целому ряду существенных параметров. Показано, что наилучшими характеристиками из рассмотренных обладает суммарно-разностный дискриминатор.

В третьей главе представлен вероятностный анализ дискриминационной статистики. Аналитически и методами статистического моделирования доказано, что при конечном отношении сигнал/шум распределение дискриминационной статистики является

существенно негауссовским и имеет «тяжелые хвосты». Показано, что в общем случае распределение дискриминационной статистики является несимметричным. Это является важным для повышения точности при применении различных алгоритмов обработки.

В четвертой главе для подавления «тяжелых хвостов» распределения предложены кусочно-нелинейные преобразования, такие как функции Тьюки, Хьюбера и Хампеля. Получен аналитический вид распределения статистики на выходе устройства дискриминатор-ограничитель с соответствующей нелинейной функцией. Показано, что теоретические расчеты очень хорошо соответствуют результатам моделирования. Приведено сравнение модифицированных оценок на основе вычисления выборочных и теоретических дисперсий.

3. Новизна исследований и полученных результатов, научная и практическая ценность

Научная новизна работы заключается в постановке и решении задачи оценки сдвига (местоположения) фрагмента неоднородного поля. Предложен оригинальный трехэтапный подход, основанный на локализации области, занимаемой объектом, проведении оценки с точностью до пикселя и последующей субпиксельной оценке.

В качестве устройства, реализующего на третьем этапе высокоточную оценку, предложен дискриминатор. Для него **впервые** получен точный аналитический вид распределения дискриминационной статистики для любого ОСШ. Показано, что при малом ОСШ такое распределение является существенно негауссовским и в предельном случае (при нулевом ОСШ) стремится к распределению Коши.

Для подавления больших выбросов дискриминационной статистики при конечном ОСШ в работе предложено подвергать статистику, формируемую на выходе дискриминатора, кусочно-нелинейному преобразованию. Полученный результат в виде аналитических

распределений модифицированных оценок и статистического моделирования позволяет сделать вывод о высокой эффективности предложенного подхода.

Полученные научные результаты прошли апробацию на российских и международных научно-технических конференциях, где были оценены на достаточно высоком уровне. Это подтверждает научную значимость проведенного исследования. Автор участвовал в 6 научных конференциях, где были представлены основные результаты, полученные в диссертационной работе.

Практическая значимость полученных результатов заключается в разработке алгоритмов оценивания характеристик неоднородных полей.

Предложенные и обоснованные в работе методы и алгоритмы доведены до численной реализации. Проведен их физический анализ, который показывает преимущества предложенных подходов по сравнению с известными. Использование предложенных и разработанных соискателем методов и алгоритмов представляется перспективным для развития и построения цифровых радиофизических.

Полученные в диссертационной работе результаты представляют интерес для специалистов и могут быть полезны при проведении научно-исследовательских и опытно конструкторских работ.

4. Обоснованность и достоверность полученных результатов

Высокая степень обоснованности и достоверности полученных результатов, а также сделанных автором выводов и рекомендаций определяется проведенным обзором современной литературы по теме исследования, корректным применением строгого математического аппарата, использованием современных методов в области цифровой обработки сигналов и изображений, методов статистической радиофизики. Полученные в диссертации аналитические соотношения совпадают с общеизвестными соотношениями в частных случаях и в общем случае

соответствуют (по критерию согласия) результатам статистического моделирования.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы неоднократно докладывались на российских и международных конференциях, а также научных семинарах.

По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из них 1 в издании, индексируемом в базах Web of Science/SCOPUS, 4 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 6 статей в трудах международных конференций.

Ценность научных работ соискателя следует из научной новизны и практической значимости работы, а также подтверждается опубликованием её результатов в научных журналах и принятием докладов по теме диссертации оргкомитетами ведущих российских и международных конференций.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

5. Замечания

1. Предложено несколько алгоритмов локализации фрагмента неоднородного дискретного поля основанные на формировании спектральной статистики оценки анизотропии и спектральной метрики подобия. Однако в работе не представлено сравнение указанных подходов.
2. Не представлено сравнение величины ухудшения точности и увеличения быстродействия при применении двух одномерных дискриминаторов вместо одного двумерного.
3. Приведена зависимость детерминированной дискриминационной статистики от различных параметров (рассогласование, расстройка,

отношение сигнал/шум), однако не представлена методика выбора параметра расстройки дискриминатора.

4. В Главе 4 для подавления «тяжелых хвостов» распределения предложено применять ограничители с параметрами, вычисляемыми в результате анализа вероятности невыхода статистики за пределы порога. Однако такой подход рассмотрен только для симметричного распределения статистики.
5. В работе не приведены полученные автором (например, в [139]) результаты по использованию гладких оценочных функций.
6. В таблице 4.1 не указаны явно значения погрешностей вычисления дисперсий.
7. По тексту присутствует некоторая неаккуратность в оформлении формул и компоновке рисунков.

Указанные замечания не снижают общей ценности и положительной оценки диссертационной работы, которая выполнена на высоком научном уровне. В дальнейшей работе можно рекомендовать автору применять аппарат атомарных функций, являющихся точными решениями дифференциальных уравнений со смещенным аргументом, а также кратномасштабный анализ.

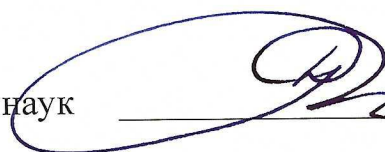
Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.4 – Радиофизика (физико-математические науки), поскольку она посвящена распространению, регистрации, преобразованию и анализу колебательных и волновых процессов, изучению линейных и нелинейных процессов, исследованию флуктуаций, шумов, случайных сигналов, созданию новых методов анализа и статистической обработки сигналов в условиях помех, разработке новых методов, основанных на использовании данных различной физической природы с широким применением радиофизических методов.

Работа представляет собой цельное, законченное научное исследование, которое имеет высокое научное и, что очень важно, практическое значение.

Считаю, что диссертационная работа «Синтез и анализ дискриминационных алгоритмов оценки параметров фрагментов неоднородных полей» отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК РФ, соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, а ее автор Серебрянникова Ольга Анатольевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиоп физика.

Официальный оппонент:

Заместитель директора по научной работе
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Научно-технологический центр
уникального приборостроения
Российской академии наук,
кандидат физико-математических наук



Чуриков Д.В.

27.08.2021

Подпись заместителя директора по научной работе Чурикова Д.В. заверяю:

Ученый секретарь НТЦ УП РАН,
д.ф.-м.н.



Коваленко И.Б.

Чуриков Дмитрий Викторович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Научно-технологический центр уникального приборостроения Российской академии наук
Адрес: 117342, Москва, ул. Бутлерова, 15
Телефон: +7 (495) 333-61-02
E-mail: cdv@ntcup.ru