

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента Самойлина Евгения Александровича на диссертацию Серебрянниковой Ольги Анатольевны «Синтез и анализ дискриминационных алгоритмов оценки параметров фрагментов неоднородных полей», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика

**Актуальность избранной темы.** Как известно, в настоящее время обработка и анализ цифровых изображений являются важнейшим направлением как фундаментальных, так и прикладных научных исследований. Это направление востребовано в различных отраслях техники, таких как системы технического (компьютерного) зрения, робототехника, биометрическая идентификация, телевидение, астрономия и астрофизика, медицина, дистанционное зондирование Земли и многих других. Во всех перечисленных отраслях с каждым годом непрерывно растут требования к качеству фото- и видеоданных, скорости их передачи и правильности принятия решения в пользу одной из гипотез (например, в задачах идентификации человека по его лицу и т.д.). Первичной задачей обработки цифровых изображений (неоднородных случайных полей), получаемых матричными приемниками оптического излучения, является оценка их параметров, в частности, оценка субпиксельного сдвига на изображении. Накопленные к настоящему времени подходы к оценке параметров неоднородных случайных полей, в том числе сдвига с субпиксельной точностью, на практике не всегда удовлетворяют возрастающим требованиям к эффективности используемых алгоритмов. Они характеризуются, в частности, высокой вычислительной сложностью, что затрудняет их использование в реальном времени, не учитывают наличие помех и корреляционные свойства полей, имеют ограниченное применение в случае недифференцируемости решающей функции, по положению максимума которой вычисляется оценка неизвестного сдвига фрагмента поля. В радиофизике известен подход к оценке положения сигнала на фоне помех, заключающийся в применении дискриминатора, свободный от ряда недостатков существующих алгоритмов. Данный подход использует асимптотически гауссовское приближение дискриминационной статистики. Однако границы его применимости неизвестны, и при малом отношении сигнал/шум такое приближение не является корректным. Кроме того установлено, что точность оценки и скорость выполнения операций возрастает после предобработки полей, таких как: гистограммная коррекция,

оценка анизотропии поля, связанная с наличием объектов на изображении с неизвестной ориентацией, преобразование ракурса объектов. Существующие в настоящее время алгоритмы оценки анизотропии поля и локализации границ неоднородностей, как правило, используют операции дифференцирования первого и второго порядков. Такой подход неприменим к полям с недифференцируемой корреляционной функцией и дискретным полям. Отказ от операций в пиксельном пространстве и переход к операциям со спектрами полей позволяет получить алгоритмы, корректные с математической точки зрения и устойчивые к корреляционным характеристикам поля.

В этой связи, тема диссертации Серебрянниковой О.А., направленная на разработку дискриминационных алгоритмов оценки сдвига фрагментов неоднородных полей и их статистический анализ, с целью получения статистически устойчивых оценок, является *актуальной*.

**Степень обоснованности научных результатов и положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Представленные в диссертации научные результаты следует признать в достаточной степени *обоснованными*. При рассмотрении каждого полученного научного результата автором приводится сравнительный анализ различных вариантов построения алгоритмов оценки сдвига (положения) фрагментов неоднородного поля с целью обеспечения надежности интерпретации результатов. Полученные при этом закономерности в целом соответствуют ожидаемым, а в ряде случаев соотносятся с результатами известных работ.

Обоснованность полученных автором результатов обеспечивается корректным использованием основных методов статистической радиофизики: статистической теории оценок на фоне помех, алгоритма максимального правдоподобия и его реализации в виде дискретных процедур на основе аппроксимаций метода Ньютона-Рафсона, асимптотических методов математического анализа, непараметрических методов обработки данных и ядерного сглаживания распределений.

**Достоверность научных результатов и положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Представленные в диссертации научные результаты являются *достоверными*. Достоверность выдвигаемых на защиту результатов диссертации обеспечивается использованием взаимно дополняющих друг друга теоретических и вычислительных методов исследования, согласованностью результатов, полученных на основе применения различных методов, между собой, а также в ряде случаев с результатами известных работ. Достоверность полученных

научных результатов подтверждается удовлетворительным согласованием (по критерию согласия Колмогорова) теоретических результатов и результатов, полученных посредством статистического моделирования и совпадением полученных аналитических результатов и результатов статистического моделирования на ЭВМ с ранее известными положениями в частных случаях.

**Новизна научных результатов и положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** *Научная новизна* результатов диссертации, выносимых на защиту, заключается в следующем.

1. Предложен новый алгоритм оценки сдвига (положения) фрагментов неоднородного поля, который отличается от известных алгоритмов трехэтапной реализацией. При этом первый этап включает оценку анизотропии поля, локализацию объекта, предварительную оценку положения и ракурса фрагмента с использованием новых спектральных подалгоритмов. На втором этапе вычисляется предварительная оценка положения, например, методами шаблонного поиска. На третьем этапе для реализации уточненной оценки сдвига фрагмента поля, используется дискриминатор, преимуществами которого являются низкие вычислительные затраты и субпиксельная точность оценивания.

2. Предложены новые алгоритмы предобработки и оценки анизотропии полей на основе спектрального подхода, а также комбинированные алгоритмы оценки сдвига с расширенной областью поиска максимума решающей функции, необходимые для повышения эффективности алгоритмов локализации объекта и оценки его положения.

3. Впервые получен аналитический вид распределения статистики на выходе дискриминатора при произвольном отношении сигнал/шум. Показано, что распределение статистики в общем случае является негауссовским с «тяжелыми хвостами». Установлены границы применимости известных подходов по расчету характеристик дискриминаторов.

4. Предложены и исследованы новые, модифицированные на основе робастного подхода дискриминационные алгоритмы, позволяющие получить устойчивые оценки при любом отношении сигнал/шум.

**Значимость научных результатов, положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, для теории и практики.** *Теоретическая значимость* результатов диссертации заключается в том, что получено точное решение для распределения статистики на выходе дискриминатора, позволившее установить наличие «тяжелых хвостов» и несостоятельность оценки при небольших отношениях

сигнал/шум. Аналитическим путем найдены условия, когда при большом отношении сигнал/шум применима известная гауссовская аппроксимация статистики на выходе дискриминатора. Это позволит совершенствовать известные и создавать новые алгоритмы оценивания параметров фрагментов неоднородных случайных полей (изображений).

*Практическая значимость* результатов диссертации заключается в том, что ее автором предложена и исследована возможность применения устройства типа дискриминатор-ограничитель при оценивании параметров фрагментов неоднородных случайных полей, которое имеет конечные моменты статистики на выходе измерителя. Кроме того, предложены и реализованы эффективные вычислительные алгоритмы предобработки неоднородных полей, основанные на спектральном анализе. Практическая значимость указанных научных результатов подтверждается их использованием при выполнении опытно-конструкторской работы в АО «Концерн «Созвездие» (г. Воронеж).

Теоретическая и практическая значимость научных результатов, положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, а также их научная новизна и достоверность подтверждается их *апробацией* на 6 международных научных конференциях, а также их *опубликованием* в 4 рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки Российской Федерации для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, и 1 издании, индексируемом в международных базах данных Scopus и Web of Science.

**Замечания и недостатки диссертации.** Вместе с тем, по тексту диссертации Серебрянниковой О.А, можно отметить следующие *замечания и недостатки*.

1. В тексте диссертации отсутствует строгое сравнение эффективности (точности оценок, вычислительной сложности и т.д.) предложенных неградиентных алгоритмов предобработки полей, основанных на анализе спектральных свойств полей, позволяющих определять неоднородности, степень анизотропии и ориентацию фрагмента неоднородного поля (С. 35-48), с аналогичными известными алгоритмами (градиентными, на основе лапласиана гауссиана и т.д.), в том числе в условиях различных шумов и искажений, часто присутствующих на обрабатываемом изображении.

2. Предложенный в диссертации новый алгоритм обнаружения объектов на изображении по критерию Неймана-Пирсона (С. 48-51) основан на построении гистограммы статистики  $S$ , рассчитываемой для каждого

спектрального подблока изображения и последующем ее ядерным сглаживанием с гауссовским ядром, однако при наличии на изображении, в частности, модального импульсного шума, гистограмма будет иметь ложные максимумы, что может затруднить определение величины порога обнаружения  $h$  (1.40).

3. Предложенный в диссертации трехэтапный подход к реализации алгоритма оценки сдвига (положения) фрагментов неоднородного поля предполагает использование на втором этапе методов шаблонного поиска (С. 68-73), которые основываются на предположении о том, что решающая функция (функция соответствия) не имеет локальных минимумов для каждого анализируемого блока. В этой связи не вполне понятно, каким образом будет осуществляться шаблонный поиск при нарушении этого условия на практике.

4. В таблице 2.1 (С. 84 диссертации) приведены метрики качества восстановленного изображения при разных размерах блоков  $M1$  и значений параметра сэмпирования  $\nu$ , однако не указано, численные значения этих метрик качества были получены для единственного изображения (что не всегда точно отражает качество восстановления изображения) или для представительной выборки различных изображений с последующей статистической обработкой значений метрик качества.

Тем не менее, указанные замечания и недостатки в целом не снижают теоретическую и практическую значимость научных результатов, положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и носят в большей степени рекомендательный характер.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.** В целом диссертация Серебрянниковой Ольги Анатольевны является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи синтеза и анализа дискриминационных алгоритмов оценки параметров фрагментов неоднородных полей, имеющей значение для развития статистической радиофизики и создания новых методов анализа и статистической обработки сигналов в условиях помех. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация соответствует специальности 1.3.4 – Радиофизика. Содержание автореферата в достаточной степени дает представление об основных научных результатах, положениях, выводах и рекомендациях, изложенных в диссертации.

**Вывод:** диссертация «Синтез и анализ дискриминационных алгоритмов оценки параметров фрагментов неоднородных полей» соответствует критериям п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции Постановлений Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 г. № 335, от 02.08.2016 г. № 748, от 29.05.2017 г. № 650, от 28.08.2017 г. № 1024, от 01.10.2018 г. № 1168, с изменениями, внесенными Постановлениями Правительства Российской Федерации от 26.05.2020 г. № 751 и от 20.03.2021 г. № 426), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Серебрянникова Ольга Анатольевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика.

Официальный оппонент:

профессор 54 кафедры 5 факультета Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации  
доктор технических наук, доцент

«07» 09 2021 г.

Самойлин Евгений Александрович  
электронная почта: [es977@mail.ru](mailto:es977@mail.ru)

Подпись официального оппонента Самойлина Е.А., д.т.н., доцента, профессора 54 кафедры 5 факультета ВУНЦ ВВС «ВВА», ЗАВЕРЯЮ.

Помощник начальника строевого отдела ВУНЦ ВВС «ВВА»

«07» 09 2021 г.



А. Саввин

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации (ВУНЦ ВВС «ВВА»)

Почтовый адрес: 394064, г. Воронеж-64, ул. Старых Большевиков, д. 54а;  
тел.: +7 (473) 244-78-53, +7 (473) 244-77-40; факс: +7 (473) 226-47-52;

официальный сайт: академия-ввс.рф; электронная почта: [vaiu@mil.ru](mailto:vaiu@mil.ru)