

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Алексея Викторовича Акимова «Алгоритмы обработки информации в задачах распознавания и аугментации сигналов и изображений на основе моделей деформирующих искажений», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (радиотехника, автоматика, связь)

**Актуальность темы диссертации.** Современные тенденции развития систем управления и принятия решений во многом основаны на достижениях в областях искусственного интеллекта и машинного обучения. Решение задачи обнаружения и распознавания объектов при обработке цифровых сигналов и изображений нередко является важной частью функционирования данных систем.

При решении подобных задач часто возникает необходимость учета так называемых деформирующих искажений сигналов и изображений – их проявление в отличие от аддитивных помех приводит к нелинейному изменению масштаба задания сигналов во времени и деформациям формы объектов на изображениях, что отражает как влияние средств и условий регистрации, так и свойства естественной изменчивости регистрируемых объектов от экземпляра к экземпляру.

В связи с чем возникает задача построения моделей деформирующих искажений для изучения механизмов их влияния на процессы обработки информации и распознавания образов, в том числе в рамках статистической теории принятия решений и машинного обучения. Строгого решения в известной литературе данная задача не получила: известные публикации в большинстве своем посвящены решению прикладных задач с использованием различных эвристик.

В задаче машинного обучения также является важным вопрос сбора и подготовки достаточного количества обучающих данных, что часто требует больших затрат времени и ресурсов. Актуальным и современным подходом, направленным на борьбу с этой проблемой и получившим большое развитие в последнее время, является аугментация – искусственное размножение обучающей выборки. В рамках этой задачи выглядит перспективным



применение деформирующих искажений для генерации различий в форме объектов размножаемой выборки.

В силу изложенного, тема работы А. В. Акимова, посвященная разработке и исследованию алгоритмов обработки информации в задачах распознавания и аугментации сигналов и изображений на основе моделей деформирующих искажений, является *актуальной*.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Представленные в работе научные результаты следует признать в достаточной степени *обоснованными*. При получении практически каждого теоретического или экспериментального вывода проводился сравнительный анализ различных вариантов построения алгоритмов обработки информации с целью повышения надежности интерпретации результатов. Полученные при этом закономерности в целом соответствуют ожидаемым и в ряде случаев соотносятся с результатами известных работ.

В своей работе автор адекватно применил аналитические и вычислительные методы различных разделов математики (математического анализа, теории вероятностей и математической статистики, теории случайных полей, линейной алгебры) и теории обработки сигналов и изображений, а также методы оптимизации, машинного обучения и технологии статистического имитационного моделирования. Все вышесказанное позволяет утверждать, что результаты представленной диссертации выглядят достаточно *обоснованными*.

**Достоверность выносимых на защиту результатов диссертации** подтверждается применением взаимно дополняющих друг друга теоретических и экспериментальных методов исследования, согласованностью результатов, полученных на основе применения различных методов, между собой, а также в ряде случаев с результатами известных работ. Адекватность представленных моделей и алгоритмов обработки цифровых сигналов и изображений в условиях деформирующих искажений и моделей и алгоритмов искусственного размножения элементов обучающей выборки на основе внесения в них деформирующих искажений на базе различных моделей их генерации подтверждается совпадением результатов проведенных экспериментов с теоретическими оценками.

**Научная новизна** результатов диссертации, выносимых на защиту, заключается в следующем.



1. Представлены и исследованы две модели внесения деформирующих искажений для функции дискретных аргументов: прямая и эквивалентная статистическая модель, основанная на представлении функции деформации с известным распределением как нелинейного оператора размещения с повторениями элементов деформируемой функции с добавлением аддитивной помеховой составляющей, отражающей ошибки квантования непрерывной функции деформации. Эквивалентная модель позволяет осуществить синтез алгоритмов распознавания сигналов и изображений на базе статистической теории решений, а также построение алгоритмов искусственного размножения данных для задач машинного обучения.

2. Синтезированы и исследованы точные и основанные на гауссовском приближении алгоритмы распознавания цифровых сигналов под действием деформирующих искажений и аддитивных помех на базе представленной эквивалентной статистической модели деформирующих искажений и выведенных соотношений для условных многомерных распределений функций правдоподобия.

3. Представлены и исследованы алгоритмы распознавания изображений на базе стандартных и смешанных непараметрических ядерных оценок функций правдоподобия классов, что позволило принципиально снять ограничения по вычислительной сложности алгоритмов, синтезируемых на основе эквивалентной статистической модели. Предложенные в работе и исследованные на сходимость смешанные оценки представляют собой свертку стандартной ядерной оценки, формируемой на основе обучающей выборки, полученной путем внесения в исходные изображения деформирующих искажений, и плотности распределения аддитивной помеховой составляющей заданного вида, знания о законах распределения которой позволяют в ряде случаев повысить показатели сходимости получающихся оценок.

4. Рассмотрена оригинальная алгоритмическая реализация метода Виолы-Джонса распознавания лиц на базе технологии CUDA параллельных вычислений на графических процессорах с целью ее использования при анализе работы представленных алгоритмов размножения обучающих данных путем внесения в них деформирующих искажений для разных методик их формирования: генерация случайных параметров гармонических функций, анализ смещений контрольных точек и расчет оптического потока с наложением фильтра энтропии. Применение данных подходов позволило



сократить в 10 раз требования к количеству изображений исходной обучающей выборки с сохранением показателей точности распознавания обученных алгоритмов.

**Теоретическая значимость** диссертации заключается в том, что представленные методические и экспериментальные результаты отвечают потребностям важных отраслей развития современной науки в областях обработки информации, систем управления и принятия решений в части решения задач распознавания цифровых сигналов и изображений, подверженных деформирующим искажениям, задач поиска деформируемых объектов на изображении и задач искусственного размножения обучающей выборки с использованием деформирующих искажений в интересах уменьшения затрат на сбор и подготовку исходных данных при работе с современными алгоритмами машинного обучения.

Полученные результаты позволяют говорить о развитии и расширении областей применения методов синтеза и анализа алгоритмов обработки информации с учетом специфики, возникающей в условиях воздействия помеховых искажений рассматриваемого класса.

**Практическая значимость** работы определяется возможностью применения предложенных моделей, алгоритмов и программных решений при реализации технических средств и программного обеспечения, предназначенных для обработки цифровых сигналов и изображений, подверженных действию деформирующих искажений. Представленные и исследованные модели и алгоритмы внесения деформирующих искажений в элементы обучающей выборки применимы при реализации современных методов машинного обучения с целью сокращения требований к объему обучающих выборок и уменьшения затрат на их сбор и подготовку к использованию.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 6 международных научных и научно-технических конференциях. Результаты работы опубликованы в достаточной степени: общее число публикаций – 11, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, и 2 статьи – в журналах, представленных в БД Scopus и Web of Science.

В целом, следует отметить, что представленная диссертация является завершенной работой, в которой достаточно подробно и логично изложены постановка и решение рассматриваемых задач, перечислены особенности



применяемых при исследовании подходов и методики получения результатов. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Вместе с тем, диссертация А. В. Акимова имеет следующие **недостатки.**

1. При анализе показателей точности работы алгоритмов распознавания сигналов и изображений в условиях деформирующих искажений отдельно не рассмотрен вопрос о влиянии непрерывного изменения коэффициента корреляции деформирующих искажений и аддитивного шума на точность распознавания. Рассмотрены лишь два его значения для аддитивных помех: для некоррелированного и коррелированного шума только в случае сильно коррелированных деформирующих искажений.

2. Недостаточно четко рассмотрены вопросы учета эффектов квантования по уровню исходных полутоновых цифровых изображений с ограниченной разрядностью данных при внесении деформирующих искажений на основе прямой модели.

3. Не раскрыта подробно методика замера и сравнения точности работы алгоритмов детектирования лиц на изображении, что позволило бы иметь более полное представление о сравнительных характеристиках различных моделей внесения деформирующих искажений при размножении обучающей выборки, а также более точно соотнести полученные выводы с результатами известных работ.

4. В работе при проведении статистического синтеза и анализа алгоритмов распознавания сигналов рассматриваются либо сигналы известной формы, либо квазидетерминированные сигналы на основе вероятностной модели, определяющей конечное число вариантов их возможной формы. При этом не рассматриваются сигналы со случайными параметрами или чисто стохастические сигналы.

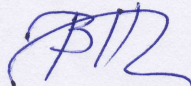
Указанные недостатки, тем не менее, не снижают общего положительного впечатления о работе.

**Вывод.** В целом диссертационная работа Акимова А. В. является законченным научным исследованием, в котором решена важная для развития систем обработки информации, систем управления и принятия решений научная задача, и которое удовлетворяет требованиям п.п. 9, 10, 11, 13, 14 действующего «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842,



предъявляемым к кандидатским диссертациям. Содержание диссертации соответствует специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (радиотехника, автоматика, связь), и ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент,  
заместитель начальника организационно-  
научного и редакционного отдела ФКОУ ВО  
«Воронежский институт Федеральной службы  
исполнения наказаний»  
кандидат физико-математических наук,  
доцент



Куцов Руслан Владимирович

«14» мая 2019 г.

Подпись Р. В. Куцова удостоверяю  
Начальник отдела кадров ФКОУ ВО  
Воронежский институт ФСИН России



А. А. Шкуменов

Почтовый адрес: 394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, д. 1а,  
организационно-научный и редакционный отдел.  
Телефон: +7 (473) 260-68-09,  
e-mail: kutsov@mail.ru