

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Акимова Алексея Викторовича «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).

1. Актуальность работы

В настоящее время все большее распространение получают средства и системы управления и автоматизации, в которых используются современные технические и программные решения в области обработки и анализа цифровых сигналов и изображений. Основными информационными процессами в подобных системах часто являются процессы поиска, обнаружения и распознавания объектов, представленных сигналами и изображениями. При этом во время их функционирования наряду с аддитивными помехами нередко возникает специфический вид нелинейных воздействий, получивших название деформирующих искажений, которые приводят к изменениям формы сигналов и объектов на изображениях.

Существует несколько известных методов и алгоритмов, предназначенных для решения конкретных задач, связанных с проявлениями деформирующих искажений в различных практических ситуациях обработки и анализа сигналов и изображений. Однако строгого решения данная задача в известной литературе не получила: предложенные в работах данных авторов алгоритмические подходы носят преимущественно эвристический характер.

Благодаря важной особенности деформирующих искажений отражать естественные различия формы объектов реального мира также возникает интерес к их использованию для аугментации (искусственного размножения) образов (сигналов или изображений) и формирования на этой основе более представительных обучающих выборок, что позволяет сократить требования к их исходному объему и тем самым уменьшить затраты на их формирование и подготовку. Отсюда представляются важными постановка и решение данной задачи в рамках статистической теории принятия решений и методологии машинного обучения, построение моделей влияния деформирующих искажений и на их основе создание и исследование

алгоритмов распознавания цифровых сигналов и изображений, находящихся под действием таких искажений, а также моделей и алгоритмов аугментации обучающих выборок при помощи деформирующих искажений.

Указанные обстоятельства определяют актуальность темы диссертации Акимова А.В., связанной с синтезом и анализом моделей и алгоритмов обработки информации в задачах распознавания и аугментации сигналов и изображений на основе моделей деформирующих искажений.

2. Научная новизна, обоснованность и достоверность результатов исследований

2.1. Предложена модель внесения деформирующих искажений в решетчатые функции нескольких переменных на основе использования радиально базисных функций, а также эквивалентная статистическая модель их влияния, в которой функция деформации представляется в виде нелинейного оператора перестановки (размещения с повторениями) элементов деформируемой функции с добавлением аддитивной помеховой составляющей с целью приближенного представления ошибок квантования непрерывной функции деформации. Эквивалентная модель позволяет осуществить статистический синтез алгоритмов распознавания сигналов и изображений в условиях деформирующих искажений и построение алгоритмов аугментации на основе деформирующих искажений в задачах машинного обучения.

2.2. Предложены и исследованы оптимальные и квазиоптимальные алгоритмы распознавания цифровых сигналов под действием деформирующих искажений и аддитивных помех, основанные на применении введенной эквивалентной статистической модели при расчете значений функций правдоподобия, как с использованием точных выражений для взвешенных сумм условных многомерных распределений по числу возможных вариантов размещения элементов деформируемых сигналов, так и выражений в гауссовском приближении. Даны оценки вычислительной сложности указанных алгоритмов и обоснован переход к использованию другого класса алгоритмов, основанных на непараметрических ядерных оценках функций правдоподобия классов образов.

2.3. Для решения задачи распознавания изображений представлены и исследованы алгоритмы машинного обучения, основанные на непараметрических ядерных оценках функций правдоподобия с целью

снижения ограничений вычислительной сложности, возникающих при применении статистически оптимальных алгоритмов. Предложен и исследован с точки зрения несмещенности и состоятельности способ построения так называемых смешанных ядерных оценок, заключающийся в использовании свертки стандартной ядерной оценки, полученной на основе моделирования обучающей выборки, с плотностью распределения аддитивной помеховой составляющей, если она задана в аналитическом виде или аналогично представлена в виде непараметрической оценки. Показано, что предложенный подход позволяет повысить достоверность работы алгоритмов распознавания в условиях известных законов распределения аддитивных помех.

2.4. Представлена алгоритмическая реализация метода Виолы-Джонса поиска лиц на изображениях с использованием технологии CUDA – параллельных вычислений на графических процессорах, используемая для исследования трех предложенных моделей аугментации обучающей выборки на основе внесения деформирующих искажений: генерация случайных параметров гармонических функций, используемых в качестве функции деформации; построение функции деформации путем интерполяции на основе известных значений смещений вручную расставленных контрольных точек; использование как деформирующей функции результата расчета оптического потока по методу Фарнебака с наложением фильтра энтропии. Сравнительные исследования показали, что применение данных моделей позволяет сократить требуемый объем обучающей выборки примерно на порядок при схожей достоверности обнаружения лиц, что и получаемой при использовании полного набора обучающих данных.

В целом, основные выводы и результаты диссертации представляются научно обоснованными, так как они базируются на корректном применении математического аппарата, использовании средств математического и компьютерного моделирования. Достаточно широкая апробация исследований в научной печати и на международных конференциях подтверждают корректность выводов и правильность представленных в работе результатов. В диссертации автор использовал апробированные методы цифровой обработки изображений, математического анализа, теории вероятностей и математической статистики, теории случайных полей, цифровой обработки сигналов и изображений, а также применял методы оптимизации, машинного обучения и технологии статистического имитационного моделирования.

Достоверность выносимых на защиту положений и результатов подтверждается их понятной физической трактовкой, корректным применением математического аппарата, использованием средств математического и компьютерного моделирования, взаимно дополняющих друг друга теоретических и экспериментальных методов исследования, совпадением полученных результатов экспериментов с теоретическими исследованиями и, в ряде частных случаев, с известными результатами в работах других авторов. Корректность выводов и правильность представленных в диссертации положений подтверждается широкой апробацией исследований в научной печати и на международных научных и научно-технических конференциях.

3. Значимость диссертации для науки и практики.

Основные теоретические и экспериментальные результаты диссертации отвечают потребностям развития современных систем обработки информации, систем управления и принятия решений различного назначения и расширяют возможности проведения обоснований алгоритмов поиска и распознавания объектов применительно к относительно малоисследованному виду помеховых воздействий.

Разработанные и исследованные алгоритмы обработки цифровых сигналов и изображений в условиях наличия деформирующих искажений, применимы на практике при решении различных задач, в частности для повышения точности работы алгоритмов поиска и распознавания объектов на изображениях. Предложенные модели и алгоритмы аугментации данных путем внесения деформирующих искажений могут найти эффективное применение для сокращения затрат на построение обучающих выборок при реализации современных методов машинного обучения в задачах обработки сигналов и изображений.

4. Апробация работы и публикации по теме исследования

По теме диссертации опубликовано 11 работ, в том числе 5 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования диссертационных исследований (2 из них – в журналах, индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science), 6 текста докладов в сборниках трудов международных научных конференций. Результаты работы нашли практическое применение в учебном процессе, а также при выполнении НИОКР в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ.

5. Замечания по диссертации

5.1. В диссертации переход от использования оптимального алгоритма классификации к алгоритмам на основе непараметрических ядерных оценок проводится по результатам анализа вычислительной сложности оптимального алгоритма. При этом для непараметрической оценки такой анализ в явном виде не представлен.

5.2. Не исследовано влияние изменения коэффициентов корреляции деформирующих искажений и аддитивного шума на закономерности работы алгоритмов распознавания: представлены лишь результаты для слабо и сильно коррелированных аддитивных помех и только сильно коррелированных деформирующих искажений, либо деформирующих искажений, случайным образом выбираемых из ограниченного числа детерминированных функций.

5.3. Не исследовано влияние количества главных компонент, используемых для признаков при реализации алгоритмов распознавания изображений на основе стандартных и смешанных оценок. При этом для смешанных оценок не ясно, каким образом законы распределения представленного в аналитическом виде аддитивного шума приводятся к ортогональной проекции значений признаков исходных данных распознаваемых изображений, полученных без его воздействия.

5.4. В рамках модели аугментации обучающей выборки путем внесения деформирующих искажений, основанной на расчете функции деформации путем интерполяции известных значений смещений вручную расставленных контрольных точек, была использована только интерполяция на основе радиально базисных функций. При этом не рассмотрен такой известный при морфинге подход, как использование сплайна тонкой пластины.

5.5. В диссертации имеются отдельные опечатки и смысловые неточности.

6. Заключение по диссертации

Содержание диссертационной работы соответствует ее теме, а сама диссертация является законченной научно-исследовательской работой и может быть квалифицирована как решение актуальной научной задачи – повышения эффективности распознавания сигналов и изображений при наличии аддитивных и деформирующих искажений, имеющей значение для развития радиопромышленности страны.

Содержание автореферата отражает основное содержание диссертации, а ее результаты достаточно полно опубликованы в научной печати.

Указанные в п. 5 недостатки носят частный характер и не снижают существенно качество работы в целом.

7. Выводы по диссертации

Диссертационная работа Акимова А. В. является законченной научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям п.п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Акимов Алексей Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (радиотехника, автоматика, связь).

Официальный оппонент

профессор кафедры электроники и наноэлектроники ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
доктор физико-математических наук, доцент

«13» мая 2019 г.

Чернояров Олег Вячеславович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Служебный адрес: 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14.

Телефон: +7 (495) 362-71-68

E-mail: chemoyarovov@mpei.ru

