

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке ФГАОУ
ВО «Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет»,

доктор технических наук, профессор
Константинов Игорь Сергеевич

2019 года



ведущей организации на диссертационную работу Акимова Алексея Викторовича «Алгоритмы обработки информации в задачах распознавания и аугментации сигналов и изображений на основе моделей деформирующих искажений», представленную в диссертационный совет при ФГБОУ ВО «ВГУ» 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 для науки и практики. Функционирование современных систем управления и принятия решений невозможно без использования методов машинного обучения и технологий искусственного интеллекта. Одной из важных задач, которые приходится решать в ходе их работы, является задача обнаружения и распознавания объектов на основе анализа обрабатываемых данными системами сигналов и изображений.

При этом на практике при работе с сигналами и изображениями в дополнение к аддитивным помехам различного рода нередко возникает особый вид искажений, воздействие которых приводит к нелинейным смещениям сигналов вдоль временной оси и пространственным деформациям изображений анализируемых объектов. В последнем случае, данные искажения, получившие название деформирующих, также являются хорошим способом приближения для описания различий в формах объектов в условиях их естественной изменчивости.

Для отражения особенностей проявления таких искажений в задачах обработки информации возникает необходимость построения и использования адекватных математических моделей, позволяющих перейти к применению

методов статистической теории принятия решений и машинного обучения при построении соответствующих алгоритмов обработки информации. Большинство существующих публикаций в данной области исследования посвящены разработке алгоритмических решений в рамках эвристического подхода, и, таким образом, полноценного и относительно строгого рассмотрения в известной литературе данная задача не получила.

При реализации парадигмы машинного обучения всегда возникает вопрос об адекватности используемых обучающих данных. Их подбор и подготовка (если в данной предметной области это вообще оказывается возможным) часто требуют больших временных затрат и ресурсов. Одним из возможных подходов к данной проблеме является искусственное размножение или аугментация обучающей выборки. Данное направление с учетом современных достижений в области развития глубоких нейронных сетей в последнее время является особенно актуальным, и, в частности, большие перспективы имеет применение деформирующих искажений, как способа описания и генераций различий между элементами размножаемой обучающей выборки.

Таким образом, тема диссертации Акимова А.В., посвященная алгоритмам обработки информации в задачах распознавания и аугментации сигналов и изображений на основе моделей деформирующих искажений, представляется актуальной для задач управления на основе анализа визуальных отображений.

Тема работы непосредственно связана с научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами, выполняемыми в высших учебных заведениях и научно-исследовательских организациях РФ, что иллюстрирует практическую значимость проведенных исследований.

Анализ содержания диссертации. Диссертационная работа содержит введение, четыре раздела основного текста, заключение и список литературы. Во введении обоснована актуальность работы, ясно сформулированы цель и задачи исследования, отражены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов исследования.

В первом разделе диссертации на основе публикаций отечественных и зарубежных авторов проведен подробный анализ известных подходов к применению моделей деформирующих искажений в задачах обработки сигналов и изображений и представлена общая схема проведения исследований алгоритмов обработки информации в различных задачах принятия решений с использованием

моделей деформирующих искажений в зависимости от имеющихся исходных данных.

Во втором разделе вводится математическая модель внесения деформирующих искажений для решетчатой функции нескольких переменных, а также эквивалентная статистическая модель их влияния, основанная на приближенном представлении оператора деформации как оператора перестановки элементов исходного дискретного сигнала с добавленной аддитивной помеховой составляющей для отражения ошибок квантования непрерывной функции деформации.

В третьем разделе диссертации вводится математическая модель деформирующих искажений в задачах распознавания детерминированных сигналов в условиях их наличия и присутствии шумов и осуществляется синтез оптимальных алгоритмов распознавания на основе введенного эквивалентного представления. Синтезируются и исследуются основанный на точном вычислении функций правдоподобия оптимальный и основанный на использовании их гауссовского приближения квазиоптимальный алгоритмы распознавания. Аналогично вводится математическая модель деформирующих искажений в задачах распознавания изображений в присутствии шумов и осуществляется синтез и анализ алгоритмов их распознавания: оптимальных, а также с использованием стандартных и смешанных непараметрических ядерных оценок функций правдоподобия.

В четвертом разделе описывается и исследуется реализация метода Виолы-Джонса поиска лиц на изображениях с использованием параллельных вычислений и на ее примере рассматриваются три модели внесения деформирующих искажений для размножения обучающей выборки: на основе использования гармонических функций, с применением статистического анализа позиций контрольных точек и на базе расчета оптического потока по методу Фарнебака с наложением фильтра энтропии.

Научная новизна результатов диссертационных исследований.

В диссертации сформулированы следующие результаты, обладающие научной новизной.

1. Предложены и обоснованы модель внесения деформирующих искажений в решетчатые функции нескольких переменных с использованием радиально базисных функций, а также эквивалентная статистическая модель, основанная на приближенном представлении оператора деформации как оператора перестановки

элементов исходного дискретного сигнала с добавленной аддитивной помеховой составляющей для отражения ошибок квантования непрерывной функции деформации, которая позволяет осуществить проведение статистического синтеза алгоритмов распознавания сигналов и изображений и формирование алгоритмов искусственного размножения данных в задачах машинного обучения. Проведен анализ свойств оператора перестановки и дополнительной аддитивной помеховой составляющей с учетом различных ограничений на значения функции деформации.

2. Предложены и исследованы оптимальные и квазиоптимальные алгоритмы распознавания цифровых сигналов в условиях деформирующих и аддитивных искажений, как для точных выражений функций правдоподобия классов, так и в их гауссовском приближении, базирующиеся на использовании предложенной эквивалентной статистической модели влияния деформирующих искажений и полученных соотношениях для условных распределений возможных комбинаций перестановок элементов цифровых сигналов под действием деформации.

3. Предложены и обоснованы алгоритмы машинного обучения в рамках решения задачи распознавания цифровых изображений, основанные на применении непараметрических ядерных оценок функций правдоподобия классов, что позволило осуществить использование предложенной модели внесения деформирующих искажений без ограничений вычислительной сложности, возникающих при использовании эквивалентной статистической модели. Отличительной особенностью данных алгоритмов является использование предложенных и исследованных с точки зрения свойств несмещенности и состоятельности смешанных ядерных оценок функций правдоподобия, получаемых в результате свертки стандартной ядерной оценки и аналитически заданной плотности распределения аддитивной помеховой составляющей.

4. Обоснована и исследована алгоритмическая реализация метода Виолы-Джонса поиска лиц на изображениях с применением параллельных вычислений на графических процессорах для последующего ее использования при исследовании предложенных моделей размножения обучающих данных на основе внесения в них деформирующих искажений: путем использования гармонических функций в качестве функции деформации, на базе статистического анализа позиций контрольных точек и на основе расчета оптического потока по методу Фарнебака с наложением фильтра энтропии. Реализация данных подходов позволила сократить на порядок объем данных, используемых при обучении, при

сопоставимых с оригинальной обучающей выборкой показателях точности обнаружения лиц.

В целом эти формулировки верно отражают содержательную сторону научных достижений диссертационных исследований.

Степень обоснованности и достоверности результатов диссертации. Представленные в диссертации выводы и рекомендации, в целом, следует признать обоснованными и достоверными. Данный вывод подтверждается корректным использованием в работе взаимно дополняющих друг друга теоретических и экспериментальных (имитационное моделирование, обработка реальных изображений) методов исследований, совпадением результатов, полученных с использованием различных методов, между собой, а также, в ряде частных случаев, с результатами, представленными в известной литературе, наглядной физическим истолкованием установленных закономерностей и соотношений. Следует также отметить отсутствие противоречий с известными положениями теории и практики обработки изображений в задачах их распознавания.

Автор проявил достаточно уверенное владение методами математического анализа, теории вероятностей и математической статистики, а также методами оптимизации, машинного обучения и технологиями статистического имитационного моделирования.

Теоретическая и практическая значимость для соответствующей отрасли науки определяется возможностью использования развитого в диссертации методического аппарата для проведения синтеза алгоритмов обработки информации в интересах анализа цифровых сигналов и изображений в современных системах управления и принятия решений различного назначения.

Предложенные и обоснованные модели и алгоритмы обработки информации в условиях деформирующих искажений и аддитивного шума применимы для решения задач распознавания сигналов, для которых характерны искажения вдоль временной оси, и изображений в условиях их естественной изменчивости. Синтезированные и исследованные модели и алгоритмы внесения деформирующих искажений применимы для искусственного размножения обучающих данных с целью сокращения затрат на их сбор и подготовку при реализации современных методов машинного обучения, в том числе в рамках парадигмы глубоких нейронных сетей.

Результаты диссертационной работы также имеют практическое значение для разработки специального математического и программного обеспечения в интересах создания средств обработки и анализа цифровых сигналов и изображений.

Реализация результатов и рекомендации по их дальнейшему использованию. Как указывается в диссертации полученные результаты в части разработки алгоритмов обработки цифровых сигналов и изображений использованы при выполнении НИР и государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, осуществляемых ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

В дальнейшем, результаты, полученные в работе, целесообразно использовать в организациях, занимающихся вопросами создания систем цифровой обработки сигналов и изображений, систем управления и принятия решений. В частности, полученные результаты могут быть использованы в научных теоретических и прикладных исследованиях, осуществляемых в Федеральном исследовательском центре «Информатика и управление» РАН (г. Москва), Белгородском государственном национальном исследовательском университете, Воронежском государственном университете, в Институте систем обработки изображений РАН (г. Самара), Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации РАН, Саратовском национальном исследовательском государственном университете им. Н.Г. Чернышевского, Ярославском государственном университете им. П.Г. Демидова.

Результаты работы также целесообразно использовать в учебном процессе вузов, осуществляющих подготовку бакалавров, магистров и специалистов соответствующих специальностей и направлений.

Полнота опубликованности результатов диссертации.

Основные результаты достаточно полно опубликованы в 11 научных работ, причем 5 из них – в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных работ, в том числе 2 статьи в журналах, индексируемых в БД Scopus и Web of Science.

По диссертации необходимо сделать следующие основные замечания.

1. Обширность текстовых формулировок научной новизны делает их слишком тяжеловесными и затрудняет понимание, причем можно отметить второстепенность некоторых аспектов этих формулировок.

2. Утверждение автора о том, что только непрерывные функции допускают аугментацию представляются необоснованными и как следствие приводят к необходимости интерполяции решетчатых функций. Было бы полезно рассмотреть аугментацию непосредственно по дискретизированным данным, что отвечает природе изображений.
3. При проведении анализа алгоритмов распознавания цифровых сигналов и изображений на базе статистической теории принятия решений, синтезированных в общем случае для многих классов, далее проводится анализ их эффективности только для случая двух классов.
4. Недостаточно подробно раскрыты особенности учета деформирующих искажений в задачах обработки цветных изображений. Неясно, нужно ли в этом случае строго синхронизировать сдвиговые деформации во всех цветовых компонентах?
5. Недостаточно четко прописано доказательство утверждения 3.3 об эквивалентности смешанной оценки реализации процедуры искусственного размножения обучающих данных.
6. В диссертации и автореферате присутствуют опечатки и стилистические неточности.

Указанные и некоторые другие недостатки не влияют на общую положительную оценку представленной работы. Диссертация Акимова А.В. является законченной научно-квалификационной работой, содержит новые результаты в области обработки и распознавания цифровых сигналов и изображений и удовлетворяет требованиям п. 9, 10, 11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24.09.2013, № 842 (с изменениями и дополнениями от 01 октября 2018 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации – 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).

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы.

Отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий ФГАОУ ВО «Белгородский

государственный национальный исследовательский университет», протокол № 12
Отзыв составил профессор кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий

д. т. н., профессор

Белов Сергей Павлович

Заведующий кафедрой
информационно-телекоммуникационных систем и технологий

д.т.н., профессор

Жиляков Евгений Георгиевич

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»

Почтовый адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

Телефон: +7 (4722) 30-12-11

E-mail: info@bsu.edu.ru

Web-сайт: <http://www.bsu.edu.ru/>

