

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента, доктора технических наук, доцента Гергет Ольги Михайловны на диссертационную работу Сурина Владимира Анатольевича на тему: **«Математическое моделирование фильтрации контрастных изображений на основе обобщенного метода наименьших модулей»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

### **Актуальность темы диссертации**

В области цифровой обработки изображений значительное внимание уделяется улучшению качества цифровых изображений и снижению уровня шума. В настоящее время растет интерес к исследованиям в области подавления шумов в контрастных изображениях, что позволяет сохранить четкость границ контрастных объектов, улучшить визуальное восприятие и подготовить цифровое изображение к последующему анализу.

Создание новых методов подавления шумов представляет собой трудоёмкую задачу в связи с тем, что модели зашумления не полностью исследованы, а разрабатываемые методы направлены на работу с конкретной группой изображений, где очень часто их настройка происходит в «ручном» режиме. В связи с недостатками разработанных методов шумоподавления и возрастающей потребностью в анализе изображений во многих областях деятельности, важной задачей по-прежнему остается создание эффективного метода фильтрации зашумленных контрастных изображений.

Актуальными являются как теоретические исследования в данной области, направленные на разработку математических основ для реализации систем подавления шумов для контрастных изображений, так и апробация полученных результатов на практике.

### **Научная новизна полученных результатов**

Новизна диссертационного исследования Сурина В.А. заключается в решении научной проблемы, имеющей важное значение как для развития методов моделирования, так и для решения практических задач, а именно совершенствование методов и алгоритмов цифровой обработки контрастных изображений. При решении проблемы были сформулированы следующие научные положения:

1. Разработана система компьютерного моделирования нелинейной фильтрации контрастных изображений на основе модификации обобщенного метода наименьших модулей. Реализация предложенной системы позволяет учитывать негауссовость распределения шума и характеристики изображения в каждой его отдельной точке (в частности, степень контрастности яркостного перепада и уровень шума). Проведенная



сравнительная оценка на основе метода статистических испытаний Монте–Карло дает возможность сделать вывод о преимуществах разработанного метода при фильтрации цифровых контрастных изображений относительно линейных и медианных методов фильтрации.

2. Разработан оптимизационный алгоритм нахождения параметров модели нелинейной фильтрации, позволивший учитывать закономерности изменения текущих характеристик цифрового изображения. На основе имитационного моделирования осуществлен подбор параметров для функции потерь, которая использована в предложенном методе нелинейной фильтрации.

3. Разработан комплекс программ на основе предложенных в работе алгоритмов. Реализация данного комплекса позволяет исследовать: влияние выбора функции потерь, видов и размеров апертур на качество результирующих изображений; эффективность предложенных алгоритмов при подавлении шума в цифровых контрастных изображениях.

### **Структура и содержание диссертации**

Диссертационная работа Сурина В.А. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Общий объем рукописи составляет 150 страниц и включает 88 рисунков и 17 таблиц. Список литературы изложен на 13 страницах и содержит 129 наименований.

Автореферат Сурина В.А. занимает 16 страниц текста. Содержание автореферата соответствует диссертации. Оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ 7.01-2011.

Во введении обосновывается актуальность диссертационного исследования; формулируется цель и основные задачи работы; характеризуется степень новизны полученных результатов и их апробация.

В первой главе автор рассматривает область применения методов шумоподавления контрастных цифровых изображений. Основное внимание уделено подробному обзору научных работ, соответствующих теме исследования. Диссертант рассматривает наиболее распространённые, а также набирающие популярность в последнее время методы подавления шума, выделяя их условия работы, преимущества и недостатки. Отмечается, что обобщённый метод наименьших модулей теоретически даёт лучший результат в сравнении с линейными и нелинейными фильтрами. В.А. Сурин указывает, что метод может быть модифицирован и улучшен для более эффективного применения к разного рода контрастным изображениям.

Вторая глава посвящена моделям и методам нелинейной фильтрации зашумлённых контрастных изображений на основе обобщенного метода наименьших модулей. В



рамках 2 главы исследуется поведение шума в проводимом натурном эксперименте и обосновывается тот факт, что распределение шума вблизи верхней и нижней границы яркости не подчиняется нормальному закону распределения. Для исследования шумоподавления рассмотрены различные функции потерь при обработке цифрового изображения обобщённым методом наименьших модулей. На основе проведенного исследования показано, что использование выпукло-вогнутой функции арктангенса с параметрами (зависимости для которых определяются в работе с помощью вычислительного эксперимента на основе характеристик сглаживаемого изображения) является наиболее эффективным.

В третьей главе внимание уделено комплексу проблемно-ориентированных программ, в основе которого реализованы предложенные диссертантом алгоритмы подавления шума. Реализовано алгоритмическое обеспечение системы компьютерного и имитационного моделирования и проведено исследование эффективности применения фильтрации обобщенным методом наименьших модулей с помощью компьютерных средств. Более того, реализован алгоритм нахождения необходимых для работы метода характеристик сглаживаемого изображения.

В четвертой главе В.А. Сурин проводит сравнительный анализ эффективности сглаживания цифрового контрастного изображения фильтром на основе обобщённого метода наименьших модулей с рядом других ранее исследуемых фильтров как на модельных данных, так и на реальных изображениях. Рассмотрены прикладные задачи, связанные с обработкой цифровых изображений, такие как повышение контрастности снимков флюорографии, частичное восстановление контуров контрастных объектов на дефектном изображении при рентгеноскопии, а также задачи фильтрации изображений в области технического зрения.

Общие выводы по работе в достаточной степени отражают полученные результаты исследования. В целом диссертация В.А. Сурина является законченным исследованием и представляет решение актуальной задачи.

#### **Достоверность полученных результатов, положений и сделанных выводов**

Достоверность и обоснованность научных результатов в достаточной мере подтверждается соответствием теоретических и практических результатов, применением в исследовании математического аппарата, корректным и достаточно строгим использованием методов математического моделирования. Научные положения и выводы логичны, основаны на комплексном подходе к решению задачи, подкреплены грамотно проведенными экспериментами. Описание экспериментов представлено достаточно подробно и допускает их воспроизводимость. Этапы работы представлялись на научных конференциях и семинарах международного и



всероссийского уровня. Получено три свидетельства о государственной регистрации программ.

### **Рекомендации по использованию результатов диссертации.**

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы для решения задач обработки цифровых изображений в различных областях научных знаний, например, в медицине и компьютерном зрении, что подтверждается корректным решением задач в работе.

### **Теоретическая и практическая значимость полученных результатов**

Теоретическая значимость результатов, полученных автором в процессе выполнения диссертационного исследования, состоит в развитии численных методов цифровой обработки контрастных изображений на основе обобщенного метода наименьших модулей. Проведен анализ метрик обрабатываемого изображения, на основе которых выбираются параметры функции потерь.

Практическая значимость научной работы подтверждается положительной оценкой и использованием разработанных алгоритмов в деятельности Научно-инженерного центра «Надежность и ресурс больших систем и машин» Уральского отделения РАН (г. Екатеринбург), а также автономной некоммерческой организации «Центр развития промышленных инноваций» (г. Челябинск). Результаты диссертационной работы нашли применение при выполнении двух проектов РФФИ: № 17-01-00315а (2017–2019) и № 20-41-660008 (2020–2022).

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В работе рассматриваются два типа изображений: полутоновые и полноцветные с восемью битами на канал. Не показано как себя поведет предложенный метод при фильтрации изображений с большим количеством битов на канал (например, 16 бит на канал).

2. Для ряда формул, приведенных в первой главе, отсутствует описание используемых переменных. В части формул индексы при переменных либо отсутствуют, либо не совпадают с теми, что приведены в формулах. Например, на стр.46 в формулах существуют ошибки в индексах.

3. Во 2 главе диссертации при обосновании выбора модели и функции потерь сглаживающего преобразования говорится о невысоких вычислительных затратах при реализации фильтрации сигналов на основе обобщенного метода наименьших модулей. Хотелось бы увидеть оценки сложности алгоритма как с точки зрения скорости выполнения, так и с точки зрения потреблённой памяти.



4. В работе указано сравнение времени работы предложенного алгоритма фильтрации для различных типов апертур, но нет сравнения времени выполнения с другими методами фильтрации при тех же условиях.

5. В схеме работы алгоритма Make\_noise рядом с блоком “if i < height” отсутствует разделение последующих действий в случае положительного и отрицательного вариантов. В части схем работы алгоритмов отсутствует блок с вводимыми данными. Рекомендуется обратиться к актуальному ГОСТ 19.701-90.

6. Натурный эксперимент, на основе которого проводился анализ распределения шумовой составляющей в цифровом изображении, проводился на конкретном цифровом аппарате. Результаты подобного эксперимента, проведенного на другой модели камеры, например, более новой могут отличаться от результатов, полученных в работе. Следовательно, результат фильтрации предложенным методом изображения, полученного с другой камеры, может быть хуже/лучше предполагаемого.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Диссертационная работа Сурина Владимира Анатольевича является самостоятельно выполненной завершенной научно-квалификационной работой, характеризующейся актуальностью, новизной и достоверностью результатов, обоснованностью выводов. Она посвящена актуальной задаче фильтрации цифровых контрастных изображений. Диссертация и автореферат написаны грамотным и понятным языком, имеют логичную структуру. Основные положения диссертационного исследования изложены в достаточном количестве публикаций, среди которых 4 опубликованы в научных изданиях из перечня ВАК и 3 проиндексировано международными базами Scopus и Web of Science. Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а именно «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий», «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента» и «Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования, алгоритмов и методов имитационного моделирования на основе анализа математических моделей»

Диссертационная работа «Математическое моделирование фильтрации контрастных изображений на основе обобщенного метода наименьших модулей» удовлетворяет требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых

степеней», предъявленным к кандидатским диссертациям, а ее автор, Сурин Владимир Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

Профессор отделения информационных технологий ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», доктор технических наук, доцент

Гергет Ольга Михайловна

4.08.23

Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

Адрес: 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30.

Телефон (приемная): 8 (3822) 70-17-79.

E-mail: [olgagerget@mail.ru](mailto:olgagerget@mail.ru)

Веб-сайт: [tpu.ru](http://tpu.ru)

Подпись Гергет О.М. удостоверяю

Ученый секретарь



Е.А. Кулинич