

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Саввина Сергея Викторовича «Алгоритмы обработки изображений с достижением эффекта сверхразрешения на основе методов оптимальной фильтрации и машинного обучения», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

В настоящее время все большее распространение получают системы управления и автоматизации, в которых используются современные решения в области обработки и анализа цифровых сигналов и изображений. При этом качество такой обработки зачастую напрямую зависит от уровня детализации сцены, отображаемой на поступающих на вход данных систем изображений или видеоданных. В случае, когда входные графические материалы не удовлетворяют предъявляемым требованиям, а улучшение свойств технических средств регистрации и передачи данных не является возможным, возникает необходимость в применении алгоритмов сверхразрешения, позволяющих повысить пространственное разрешение и уровень детализации изображений.

В настоящее время разработано большое количество алгоритмов сверхразрешения, основанных на различных подходах, включая, например, методы оптимальной фильтрации и машинного обучения. Однако в существующих работах на эту тематику некоторые вопросы не раскрыты в полной мере. Так, большинство алгоритмов сверхразрешения учитывают только простейшие аддитивные помехи, в то время как вопрос компенсации аппликативных помех рассматривается в относительно небольшом количестве работ. При этом воздействие таких помех, проявляющихся в областях случайных аномальных наблюдений, имеющих случайную локализацию, можно рассматривать как дополнительный фактор снижения разрешения.

Также стоит отметить, что существующие работы, посвященные синтезу алгоритмов сверхразрешения для последовательностей изображений или видеоданных в условиях аппликативных помех, основываются на

использовании методов принятия статистических решений (в частности, оптимальной фильтрации) и используют постулированные математические модели. Однако в этих работах не рассматривается вопрос синтеза таких алгоритмов в условиях статистической неопределенности относительно параметров используемых математических моделей данных.

Кроме того, можно всегда возникает вопрос об адекватности математических моделей для описания обрабатываемых изображений, которые используются в данных алгоритмах. В этом отношении перспективным является использование методов машинного обучения (в частности, искусственных нейронных сетей), не требующих задания математических моделей данных в явном виде и использующих вместо этого значительные по объёму обучающие выборки. При этом нейронные сети могут использоваться для решения различных задач, возникающих в процессе восстановления изображений высокого разрешения в алгоритмах сверхразрешения.

Указанные обстоятельства определяют актуальность темы диссертации Саввина С.В., связанной с разработкой и исследованием моделей и алгоритмов повышения разрешения и детализации изображений в условиях воздействия на них аппликативных помех с использованием методов оптимальной фильтрации и машинного обучения.

Основные научные результаты диссертации, их новизна и степень обоснованности заключаются в следующем.

1. Проведена декомпозиция процесса оценки изображения высокого разрешения в итеративных алгоритмах многокадрового сверхразрешения в условиях наличия аппликативных помех на входных изображениях. В рамках предложенной общей итеративной схемы обработки последовательности изображений, синтезирован комплексный алгоритм сверхразрешения на основе методов оптимальной нелинейной фильтрации с учётом статистической неопределённости относительно параметров используемых моделей данных. Проведено теоретическое и экспериментальное исследование данного алгоритма, включая его сравнение с альтернативными алгоритмами многокадрового сверхразрешения.

2. Синтезирован двухэтапный алгоритм выделения участков изображений, подверженных воздействию аппликативных помех, на основе использования алгоритмов суперпиксельной сегментации и метода кластерного анализа Expectation - maximization. Приведены математические соотношения для использования данного алгоритма на соответствующем этапе синтезированного комплексного алгоритма многокадрового сверхразрешения на основе методов оптимальной фильтрации. Предложена модификация существующего алгоритма суперпиксельной сегментации SLIC для включения в обработку текстурных особенностей аппликативных закрытий на обрабатываемых изображениях.

3. В рамках предложенной итеративной схемы обработки последовательности изображений синтезированы два комплексных алгоритма многокадрового сверхразрешения на основе использования методов машинного обучения, один из которых выполняется без этапа сегментации областей аппликативных закрытий, а второй включает этот этап. Оба предложенных алгоритма основаны на использовании сверточных нейронных сетей на различных этапах работы алгоритмов. Предложена модификация существующей сверточной нейронной сети для повышения качества изображений в рамках комплексного алгоритма, а также новая нейронная сеть в виде направленного ациклического графа для решения данной задачи. Проведено экспериментальное исследование синтезированных алгоритмов, показавшее преимущество алгоритма, включающего этап сегментации участков изображений, подверженных аппликативным искажениям, и предложенной нейронной сети в виде направленного ациклического графа.

4. Синтезированы два комплексных алгоритма сверхразрешения видеоданных на основе обработки кадров методом скользящего окна и использования методов машинного обучения. Первый алгоритм использует предложенную ранее нейронную сеть для повышения качества изображений, а второй – её модифицированный вариант, учитывающий особенности обработки видеоданных. Предложен простой алгоритм сегментации областей аппликативных закрытий на основе методов морфологического анализа и

неискаженного кадра видеопоследовательности. Проведено экспериментальное сравнение синтезированных алгоритмов.

В целом, основные выводы и результаты диссертации представляются научно обоснованными, так как они базируются на корректном применении математического аппарата, анализе и интерпретации полученных теоретических и экспериментальных результатов. Достаточно широкая апробация исследований в научной печати и на международных конференциях подтверждают корректность выводов и правильность представленных в работе результатов.

В диссертации автор широко использовал методы математического анализа, теории вероятностей и математической статистики, цифровой обработки сигналов, а также машинного обучения.

Достоверность выносимых на защиту положений и результатов подтверждается их понятной физической трактовкой, корректным применением математического аппарата, использованием взаимно дополняющих друг друга теоретических и экспериментальных методов исследования, совпадением полученных результатов экспериментов с теоретическими исследованиями и, в ряде случаев, с известными результатами в работах других авторов.

Значимость диссертации для науки и практики заключается в том, что представленные в ней теоретические и экспериментальные результаты отвечают потребностям развития современных систем обработки информации, систем управления и принятия решений различного назначения, позволяют производить сравнительный анализ альтернативных подходов к синтезу алгоритмов сверхразрешения в условиях аппликативных помех на основе методов статистической теории решений и машинного обучения.

Синтезированные и исследованные алгоритмы обработки последовательностей изображений с целью повышения их качества применимы на практике при решении широкого класса задач, связанных с первичной обработкой графических материалов в информационных системах. При этом данные алгоритмы могут использоваться обработки

изображений различных исходных разрешений как для искажённых аппликативными помехами, так и не подверженных их воздействию.

Оценивая содержимое диссертации в целом, следует отметить, что она представляет собой завершённую работу, в которой достаточно подробно и последовательно изложены постановки решаемых задач, особенности применяемых методов исследований.

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Основные результаты работы с необходимой полнотой изложены в 11 публикациях, в том числе 6 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК, 4 из которых в журналах, индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science. Результаты работы нашли применение при выполнении НИР, проводимых в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Вместе с тем диссертационная работа Саввина С.В. имеет некоторые недостатки, именно:

1. Математические соотношения для предложенной модификации алгоритма суперпиксельной сегментации SLIC для учёта текстурных различий при выделении границ суперпикселей зависят от задаваемого параметра α , однако не приводятся рекомендации к выбору значения данного параметра.

2. Не проведено более подробное сравнение стандартного алгоритма суперпиксельной сегментации SLIC с предложенной в диссертации модификацией данного алгоритма.

3. В тексте диссертации отмечено, что блочная обработка изображений для алгоритмов суперпиксельной сегментации, основанных на методах оптимальной фильтрации, может значительно повысить быстродействие данных алгоритмов. Однако при их сравнении с алгоритмами, основанными на методах машинного обучения, использовался только однопоточный вариант обработки.

4. При сравнении алгоритмов сверхразрешения рассматривались такие критерии как точность восстановления изображения высокого разрешения и время обработки, но не ресурсы (оперативная память, использование процессора), потребляемые этими алгоритмами. Данные критерии могут быть важны в случае наличия ограничений на них.

Указанные недостатки не являются существенными и не снижают общего положительного впечатления о работе.

Вывод. Диссертационная работа Саввина С.В. является законченной научно-квалификационной работой и удовлетворяет требованиям п.п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Саввин Сергей Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент:

профессор кафедры электроники и наноэлектроники

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,

доктор физико-математических наук, доцент

Чернояров

Подпись
удостоверяю
начальник управления по
работе с персоналом

Олег Вячеславович

Н.Г. Савин

«22» августа 2022 г.

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

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

Телефон: +7 495-362-7168

E-mail: chernoyarovov@mpei.ru