

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, доцента Андрианова Дмитрия Евгеньевича на диссертационную работу Сафонова Ильи Владимировича «Методы обработки изображений для систем сканирования и печати», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.8 – «Информатика и информационные процессы»

### 1. Актуальность диссертационной работы

Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки новых методов, алгоритмов и программного обеспечения (ПО) для многофункциональных устройств печати. Эти устройства вместе с системным и прикладным ПО представляют собой системы сканирования и печати. Для эффективной разработки новых методов, особенно в случае модернизации устройств за счет модификации встроенного ПО, актуальным является развитие научно-методического аппарата, в первую очередь формулировка методологии научно-исследовательской работы (НИР) при разработке решений для рассматриваемых систем.

### 2. Содержание работы и соответствие паспорту специальности

Работа состоит из введения, семи глав, заключения, библиографии и приложения, в котором приведены копии актов о внедрении.

Во введении обоснованы актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследований, показаны научная новизна, теоретическая и практическая ценность работы, перечислены выносимые на защиту положения, приведены данные об апробации и публикациях по теме диссертации.

В первой главе введены необходимые математические обозначения и определения, рассмотрены технологии печати и процессы обработки данных в рассматриваемых системах, приведены характеристики вычислительных платформ многофункциональных устройств печати, описаны стандарты и способы оценки качества и производительности, дан анализ актуальных задач обработки изображений в системах сканирования и печати.

Во второй главе проведён обзор методологий выполнения НИР и разработки ПО. Предложена оригинальная основанная на управлении рисками методология НИР по разработке решений для систем сканирования и печати. Автор указывает, что использование методологии позволило в три раза увеличить количество результатов НИР, внедряемых в системное или встроенное ПО многофункциональных устройств печати.

В третьей главе дан анализ искажений сканированных изображений, предложена методика режимов сканирования, которая включает следующие этапы: устранение основных дефектов изображений, сегментацию, сохранение в метафайловый формат. Предложены способы оценки и коррекции скоса, подавления печатного раstra и улучшения локального контраста. Оценка угла скоса и сегментация на области текста, картинок и фона осуществляются по изображению низкого разрешения. Приведены примеры применения методологии НИР и методики режимов сканирования при разработке режимов сохранения документа в PDF с векторизацией контуров символов и копирования двухсторонних карточек.

В четвёртой главе формулируются требования к режимам печати, реализуемым во встроенном программном обеспечении при модернизации устройства. Предлагается подход к реализации режимов специальной печати за счет локальной модификации кода процессора растровых изображений. Приведены примеры использования подхода при разработке режимов встраивания в печатаемый документ скрытых цифровых водяных знаков, печати микротекста для защиты от копирования, черновой и экономичной печати.

В пятой главе дан краткий анализ типичных искажений цифровых фотографий и сформулирован подход для автоматического улучшения качества изображений. Приведены примеры применения подхода для разработки критерия оценки и метода повышения резкости изображения, алгоритма коррекции «красных глаз», способа коррекции затемнённых областей.

В шестой главе рассматривается группа преобразований для изменения размеров и соотношения сторон сканированных документов и фотографий без модификации заметных участков. Предлагаются автоматическая обрезка, переформатирование изображений за счёт удаления или добавления малозаметных участков, дополнение изображений отраженными полосами. Сформулирован критерий заметности преобразования и предложена последовательность применения методов для изменения соотношения сторон.

В седьмой главе формулируются принципы автоматического отбора фотографий из коллекции и их размещения на странице. Приводится алгоритм и критерий оптимальности размещения, позволяющие находить коэффициенты масштабирования изображений. Предлагается алгоритм для автоматического формирования коллажа.

В заключение перечислены основные результаты диссертации, где для ряда разработанных методов обработки приводятся количественные характеристики эффективности и времени работы.

Объектом диссертационного исследования являются информационные системы сканирования и печати. Цель диссертационной работы – улучшение потребительских свойств информационных систем сканирования и печати за счёт совершенствования

существующих и разработки комплекса новых режимов работы, удовлетворяющих требованиям к качеству и производительности в условиях ограничений, накладываемых аппаратным обеспечением.

Автором разработаны методы оценки и оптимизации информационных процессов и ресурсов на основе возможностей используемого программно-аппаратного обеспечения; методы и алгоритмы кодирования, сжатия и размещения информации; методы цифровой обработки визуальной информации с целью обнаружения закономерностей в данных; методы обеспечения надежной обработки информации для целей передачи, хранения и защиты информации, что соответствует пунктам 1, 3, 4 и 17 паспорта специальности 2.3.8 – «Информатика и информационные процессы».

### 3. Публикация результатов исследования

По теме диссертации опубликовано 84 работы. Особо стоит отметить две рецензируемые монографии на английском языке, изданные в Springer Nature. Несмотря на то, что монографии не относятся к работам, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций, они являются значимыми трудами для сохранения и распространения научного знания. Наличие монографий в списке работ соискателя говорит о высоком уровне его квалификации. Главы монографий индексируются Scopus.

К публикациям, которые соответствуют требованиям п.11 «Положения о присуждении ученых степеней», относятся 8 статей в журналах и 42 патента на изобретения, выданные в Российской Федерации и США. Наличие многочисленных патентов, полученных в разных странах, свидетельствует о мировом уровне практических результатов, полученных соискателем.

Материалы диссертации докладывались на 26 международных и всероссийских конференциях с весьма широкой географией проведения. Из опубликованных трудов конференций 21 включены в базы Scopus или Web of Science.

### 4. Научная и практическая ценность результатов работы

Научная ценность работы состоит в едином подходе к разработке методов обработки изображений для систем сканирования и печати. Сформулированная методология НИР, методика режимов сканирования, подходы к реализации специальных режимов печати и автоматической безреференсной оценке и улучшению качества печатаемых фотографий призваны стать основой для эффективной разработки новых и модификации существующих функций многофункциональных принтеров. Ряд алгоритмов обработки изображений, предложенных в диссертационном исследовании, например, оценка и повышение резкости изображений, может считаться вкладом в теорию цифровой обработки изображений.

Практическая ценность состоит в том, что на основе предложенных методов разработан, внедрён и используется в современных устройствах печати комплекс из более чем 20 режимов работы, которые соответствуют определяемым международными стандартами требованиям к качеству и производительности. Отдельные алгоритмы обработки фотографий адаптированы для смартфонов и телевизоров, а также применимы для обработки данных совершенно иной природы, например, сейсмических.

## 5. Новизна результатов представленной работы

Автором разработаны и представлены в диссертации следующие новые элементы научно-методического аппарата разработки и реализации методов обработки изображений для систем сканирования и печати, а также разработанные с помощью данного аппарата методы:

1. методология НИР при создании решений для систем сканирования и печати, включающая логическую организацию этапов исследования и разработки, направленная на минимизацию риска отсутствия внедрения результата исследования;
2. методика реализации режимов сканирования, основанная на предварительной оценке параметров по изображению низкого разрешения, коррекции типичных искажений сканирования, сегментации изображения, сохранении результата обработки в метафайловый формат; на основе методики разработаны новые режимы работы многофункционального принтера: сохранения сканированных изображений текстовых документов в метафайловый формат в векторном виде, копирования двухсторонних оригиналов с заданием корректной ориентации, сканирования маленьких оригиналов, сканирования разворотов журналов и книг;
3. подход к улучшению визуального качества печатаемых фотографий в автоматическом режиме, учитывающий пространственное разрешение, размер фотокарточки и технологию печати; на основе подхода разработаны способы автоматической коррекции фотографий: улучшения темных фрагментов, исправления «красных глаз», повышения резкости, формирования анаглифных изображений;
4. группа преобразований и порядок их применения для изменения размеров и соотношения сторон изображений без изменения их основных смысловых элементов; в группу входят способы автоматического кадрирования, дополнения и переформатирование изображения;
5. принципы автоматического выбора фотографий из коллекции и их размещения на странице;
6. подход для реализации в процессоре растровых изображений специальных режимов печати и разработанные на его основе режимы: защиты напечатанных

документов от копирования с помощью печати микротекста, встраивания скрытых цифровых водяных знаков, сокращения количества расходных материалов в режимах экономичной и черновой печати.

Стоит отметить, что для перечисленных методов обработки изображений автором получены патенты на изобретение, то есть методы прошли проверку экспертами патентных ведомств по критериям новизны и промышленной применимости.

## 6. Обоснованность и достоверность положений и выводов

Обоснованность и достоверность положений, выводов и рекомендаций диссертации определяется результатами экспериментальных исследований и сравнения с существующими решениями, а также применением разработанных методов обработки изображений как в системах сканирования и копирования, так и в иных областях.

Практическое применение результатов диссертации подтверждено актами внедрения, полученными в исследовательском центре компании Самсунг и научно-исследовательском центре компании Шлюмберже.

## 7. Замечания по представленным результатам

Отмечая актуальность, новизну и значимость представленной работы, следует отметить несколько замечаний по четвёртой главе текста диссертации:

1. Подход к реализации специальных режимов печати за счёт локальной модификации кода процессора растровых изображений следовало сформулировать более строго. В тексте диссертации подход описан скорее на уровне рекомендаций. Отсутствуют формальные критерии выбора точек внедрения, характеристики «компактности» реализации, процедуры верификации корректности модификации.
2. Автор не рассматривает иные возможные стратегии реализации специальных режимов печати, например, встраивание новых режимов на уровне драйвера печати, применение модульной архитектуры с динамической загрузкой плагинов и т.д.
3. Помимо мажоритарного декодирования, надёжность скрытых цифровых водяных знаков целесообразно повысить за счёт использования помехоустойчивого кодирования с исправлением ошибок.
4. Не затрагиваются вопросы стойкости скрытых цифровых водяных знаков к криптоанализу.

Отмеченные замечания не снижают качества проведённых исследований, уровня достигнутых научных и практических результатов.

## Заключение

Диссертационная работа Сафонова Ильи Владимировича является самостоятельной завершённой научно-квалификационной работой, в которой приведены новые научно-обоснованные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие методов обработки изображений для систем сканирования и печати. Автореферат соответствует содержанию и структуре диссертации, адекватно передаёт смысл представленных результатов.

Работа соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней (в текущей редакции), предъявляемым к докторским диссертациям.

Считаю, что автор работы, Сафонов Илья Владимирович, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.8 – «Информатика и информационные процессы».

Официальный оппонент:



Андрианов Дмитрий Евгеньевич

11.02.26

Я, Андрианов Дмитрий Евгеньевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

д.т.н., доцент, заместитель директора по учебной работе, заведующий кафедрой информационных систем Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, ул. Орловская, 23, ауд. 225,

Тел. (49234) 77-1-12,

e-mail: AndrianovDE@inbox.ru,

<https://www.mivlgu.ru.ru>,

доктор технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы),

Подпись д.т.н., доцента Андрианова Д.Е. заверяю

Секретарь Ученого совета института



О.Н. Полулях