

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертационную работу Ильи Владимировича **САФОНОВА**
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМ
СКАНИРОВАНИЯ И ПЕЧАТИ
на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
2.3.8 – «Информатика и информационные процессы»

На оппонирование представлена диссертационная работа на 325 листах, из которых основной текст составляет 285. Структурно работа организована в виде семи глав, которым предшествует Введение, а после идут Заключение, Список сокращений и обозначений, Список литературы (359 наименований) и одно приложение.

Работа спланирована как последовательное решение ряда задач.

Цель работы обозначена во Введении как улучшение потребительских свойств информационных систем сканирования и печати за счёт совершенствования существующих и разработки новых режимов работы, удовлетворяющих требованиям к качеству и производительности в условиях ограничений, накладываемых аппаратным обеспечением.

В первой главе диссертации «Методы обработки изображений для систем сканирования и печати» автором на 29 страницах вводятся основные определения и обозначения, даётся краткий обзор технологий печати, рассматриваются информационные потоки в системах сканирования и печати, анализируются принятые в индустрии офисных устройств, способы оценки качества и производительности, анализируются требования к новым режимам сканирования и печати. Завершается глава формализацией научных задач диссертационного исследования, где в качестве обобщающей научной задачи заявляется развитие научно-методического аппарата разработки методов (способов) обработки изображений для систем сканирования и печати. Составными частями этого аппарата выбраны методология научно-исследовательской работы (НИР) при создании решений для систем сканирования и печати, методика режимов сканирования, подходы к реализации специальных режимов печати и автоматического улучшения качества печатаемых фотографий и принципы выбора и размещения изображений на странице. Перечисленные составные части научно-методического аппарата последовательно разрабатываются в последующих главах.

Во второй главе «Методология научно-исследовательской работы при создании решений для систем сканирования и печати» (13 стр.) приведён краткий обзор существующих методологий выполнения НИР и проектов по разработке программного обеспечения (ПО), предлагается авторская методология НИР по разработке решений для систем сканирования и печати, основанная на анализе и управлении рисками, на основе которой разработаны методы (способы) обработки изображений, представленные в диссертационной работе.

Третья глава «Методика режимов сканирования» (77 стр.) посвящена разработке совокупности способов и последовательности их применения при реализации различных режимов сканирования в рамках унифицированного конвейера обработки. Предложены способы оценки и коррекции скоса, сегментации на области текста, картинок и фона, подавления печатного растра, улучшения локального контраста. В качестве примера применения методики режимов сканирования показаны разработка двух методов: сохранения сканированного документа в PDF формате с векторизацией контуров символов и копирования двухсторонних карточек.

В четвертой главе «Подход к реализации специальных режимов печати» (37 стр.) представлены материалы, посвященные предложенному подходу к реализации экономичных режимов, а также режимов печати защитных элементов, за счёт локальной модификации кода процессора растровых изображений.

Пятая глава «Подход к оценке и улучшению качества печатаемых фотографий» (57 стр.) посвящена разработке автоматических способов оценки и улучшения качества фотографий при печати. Предлагается подход, учитывающий размеры будущего бумажного отпечатка, разрешение и технологию печати. Приведены примеры применения подхода для способа оценки и повышения резкости изображения, алгоритма детектирования и исправления эффекта «красных глаз», метода коррекции затемнённых областей на повреждённых контрольным светом photographиях.

В шестой главе «Преобразования для изменения размеров и соотношения сторон документов и фотографий» (22 стр.) рассмотрена группа преобразований соотношения сторон сканированных документов и фотографий без модификации заметных фрагментов изображения. Предлагаются способы автоматической обрезки, переформатирования изображений за счёт удаления или добавления малозаметных участков, дополнения симметрично отраженными фрагментами.

В седьмой главе «Принципы автоматического выбора фотографий из набора и размещения изображений на странице» (29 стр.) сформулированы принципы выбора фотографий и их размещения на странице с определением коэффициентов масштабирования. Предложен способ автоматического формирования коллажа. Также описан способ перемножения прямоугольных матриц 32-разрядных чисел с фиксированной точкой с помощью 16-разрядных векторных инструкций.

Актуальность темы. Современные многофункциональные устройства печати в сочетании с ПО выступают как подсистемы в информационной экосистеме предприятий и организаций. Современные пользователи ожидают от них не только базовых функций печати и сканирования, но и интеллектуальной автоматической обработки документов и фотографий, которая позволяет адаптировать устройство под конкретные сценарии использования, повышая эффективность и удобство, снижая затраты. Для этого в существующие (за счёт модификации ПО) и новые системы сканирования и печати требуется добавление новых функций.

Научная актуальность исследования обусловлена недостатками существующего научно-методического аппарата в этой области: каждый отдельный режим сканирования, копирования и печати разрабатывается как независимая уникальная НИР без выявления общих черт для классов сходных задач и без учёта архитектуры и функций многофункциональных устройств печати; в настоящее время хорошо проработаны методы обработки и улучшения изображений, предназначенные для просмотра на экране, тогда как улучшению изображений в процессе печати уделено недостаточно внимания. Исследованию составляющих научно-методического аппарата разработки методов обработки изображений для систем сканирования и печати и посвящена диссертация Сафонова И.В.

Новыми научными положениями диссертации, представляющими наибольший интерес, являются:

- комплекс режимов работы систем сканирования и печати, удовлетворяющий требованиям к качеству и производительности в условиях ограничений аппаратного обеспечения многофункциональных принтеров;
- методология НИР при создании технических решений для информационных систем сканирования и печати, направленная на минимизацию рисков и включающая структуру и логическую организацию ее этапов;
- методика режимов сканирования, включающая сегментацию, устранение скоса, подавление печатного растра, улучшение качества изображения, конвертацию в метафайловый формат;
- подход к реализации специальных режимов печати (черновой, экономичной, защиты от копирования, встраивания цифровых водяных знаков) за счёт локальной модификации кода процессора растровых изображений;
- подход к оценке и улучшению качества печатаемых фотографий, учитывающий размеры бумажного отпечатка, разрешение и технологию печати.

Обоснованность научных положений и выводов. Предложенные в диссертационном исследовании методология, методика и методы (способы) имеют теоретическое обоснование и не противоречат существующим решениям других авторов. Достоверность проведённых исследований подтверждается результатами большого числа экспериментов и сравнением с другими известными решениями. Обоснованность полученных в работе научных результатов, положений и выводов подтверждается также участием Сафонова И.В. в 26 всероссийских и международных конференциях, а также 84 публикациями результатов работы, среди которых 2 монографии, 8 статей в периодических рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК, 31 патент на изобретение, выданные в России, и 11 патентов на изобретение, выданные в США.

Значимость результатов диссертации для науки и практики

К результатам и выводам диссертационной работы, имеющим теоретическую значимость, можно отнести предложенный научно-методический

аппарат разработки методов обработки изображений и режимов работы систем сканирования и печати.

К результатам и выводам диссертационной работы, имеющим практическую значимость, следует отнести разработку комплекса методов обработки изображений, которые реализованы в печатающих устройствах и ПО компании Самсунг, что подтверждается актом внедрения. Ряд результатов диссертационного исследования может быть обобщен на другие сферы обработки изображений в разных прикладных областях, в частности, при обработке томографических изображений различной модальности, что также подтверждено актом внедрения компании Шлюмберже.

Соответствие автореферата диссертации. Автореферат соответствует диссертации и в достаточной мере отражает результаты и выводы диссертационной работы.

Основные положения, выносимые на защиту, обсуждались на научных конференциях, широко опубликованы, на предложенные способы, системы и устройства обработки изображений получены патенты на изобретения.

Мнение о работе в целом. В работе изложены новые научно обоснованные технические и организационные решения по разработке методов обработки изображений для систем сканирования и печати, внедрение которых, учитывая масштаб этой сферы, вносит значительный вклад в развитие систем офисной печати. Цель диссертационного исследования достигнута – разработан и внедрён комплекс из более чем 20 новых режимов работы, улучшающий потребительские свойства информационных систем сканирования и печати. Для достижения цели сформулирована и решена обобщающая научная задача исследования – развит научно-методический аппарат разработки и реализации методов обработки изображений для рассматриваемых систем. Эта задача была декомпозирована на семь частных научных задач, каждая из которых также успешно решена: сформулирована оригинальная спиральная методология НИР при создании решений для многофункциональных устройств печати; предложена методика режимов сканирования; сформулирован подход к реализации специальных режимов печати; предложен подход к автоматической оценке и улучшению качества печатаемых фотографий; предложена группа преобразований, а также последовательность их применения для изменения размеров и соотношения сторон изображений без модификации основных смысловых элементов; предложены принципы выбора и размещения фотографий для автоматической генерации коллажа и страницы фотокниги. Результаты решения этих задач исследования отражены в положениях, выносимых на защиту.

В качестве **недостатков, замечаний и пожеланий** по работе следует отметить следующие.

1. Не совсем понятно, что именно имел в виду автор, заявляя, что в первой главе вводится формальное *математическое* определение рассматриваемой предметной области.

2. В схеме методологии НИР при создании решений для МФП (рис. 2.2 в диссертации и рис.1 в автореферате) не отражена вероятность и возможность

полного, либо частичного повторения предшествующих этапов. Также на «этапе анализа патентов» должен выполняться поиск не только информации, защищенной патентным, но также и авторским правом, в частности ПО. Во второй главе утверждается, что выполнение НИР в соответствии с предлагаемой методологией позволило втрое увеличить количество результатов исследований. Неясно, какова статистическая значимость этого утверждения.

3. Не обоснованы многие используемые автором значения коэффициентов и пороговых значений, например, $w_2 = w_3 = w_5 = w_6 = 0,75$ (стр. 85), пороги в формуле (3.65), параметр k в формуле (6.1), константы релаксации k_r в формуле (6.7) и др. Не пояснено, почему для преобразования уровней выбрана именно сигмоидная функция.

4. Поскольку при всех проведенных опросах использовалось конечное и разное число человек, то при вычислении коэффициентов корреляции Пирсона целесообразно было бы указывать доверительный интервал оценок. Целесообразно было бы также использование совместно с субъективными оценками численных критериев, в частности, рис. 5.1 не убедил меня, что изображение b воспринимается более четким (резким). Не везде при указании реального времени печати указан тип используемого принтера. В таблице 4.2 приведены результаты при разном проценте экономии тонера, что вызывает вопросы к корректности сравнения.

5. На мой взгляд, при коррекции эффекта «красных глаз» для предложенного способа представляло бы интерес исследование возможности изменения интенсивности замещающего цвета с учетом коррелированности толщины слоя меланина с пигментацией кожи и волос (в примерах использования предложенного способа цвет глаз безальтернативно черный). Также целесообразно было бы провести исследование эффективности предложенного автором способа сегментации на иероглифах.

6. Автор пишет «Для предлагаемых методов обработки изображений во многих странах мира получены патенты на изобретение ...». При этом в диссертации приведены ссылки на патенты двух стран (РФ и США), что, впрочем, не умаляет их значимости.

7. Формула (5.4) некорректна (стр. 188), в таблице 5.11 присутствует отрицательное значение, которого там быть не должно.

8. Непонятно, зачем в разделе 5.3.1 приведен рисунок 5.10, относящийся к задаче повышения резкости, решение которой в этом разделе, да и в главе, не раскрывается. Есть только ссылки на главу 3, где и описан предложенный способ повышения резкости.

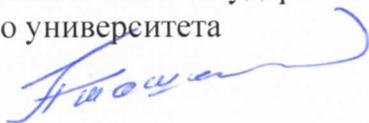
9. По автореферату: не пояснено, что такое n в условии (1); нет информации, как подбиралось пороговое значение для формулы (10) автореферата; формула (13) – это не фильтр нерезкого маскирования; не раскрыт весь набор принципов автоматического выбора фотографий из коллекции для формирования фотоальбома, в частности, кластеризация в двумерном пространстве «время съёмки – номер камеры»; не раскрыто, как именно за счёт многократного дублирования информации извлекается скрытая информация из копии и части страницы.

Отмеченные замечания практически не влияют на значимость и достоверность теоретических и практических результатов диссертации, выносимых на защиту, часть из них, скорее, можно отнести к пожеланиям по развитию результатов. Анализ работы позволяет сделать вывод, что в диссертации И.В. Сафонова изложены новые научно обоснованные технические и организационные решения по разработке методов обработки изображений для систем сканирования и печати, вносящие значительный вклад в развитие систем офисной печати.

Представленный в автореферате и диссертации материал структурирован и аккуратно оформлен, изложение соответствует научным стандартам и подкреплено соответствующим иллюстративным и графическим материалом. Основные положения обоснованы и подтверждены результатами экспериментальных исследований. По каждой главе и работе в целом сделаны выводы.

Заключение. Диссертационная работа И.В. Сафонова «Методы обработки изображений для систем сканирования и печати» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложен комплекс решений по улучшению потребительских свойств информационных систем сканирования и печати в условиях ограничений, накладываемых аппаратным обеспечением, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.3.8 – «Информатика и информационные процессы» (пп. 1, 3, 4 и 17), работа по форме и содержанию соответствует требованиям пп. 9, 10, 11, 13, 14 действующей редакции «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а её автор, Сафонов Илья Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук.

Доктор технических наук (05.13.16),
профессор, директор НИЦ обработки
цифровых сигналов и изображений
«Сигнал» Ульяновского государственного
технического университета



Ташлинский Александр Григорьевич

25.02.2026

Контактная информация:

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»

Адрес: 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32.

Сайт: <http://ulstu.ru>

Телефон: 8(8422)778511

Email: tag@ulstu.ru

Подпись Ташлинского А.Г. заверяю:

