

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

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 темы диссертационного исследования.

Несмотря на тенденцию перехода к безбумажным технологиям, офисные устройства печати и сканирования остаются востребованными как в производственной сфере, так и для персонального использования. За последние два десятилетия произошел массовый переход от периферийных принтеров к многофункциональным устройствам (МФП), которые в сочетании с программным обеспечением образуют информационные системы сканирования и печати.

Актуальность диссертационного исследования обусловлена необходимостью совершенствования этих систем за счёт автоматизации процессов обработки изображений, повышения качества печати и сканирования, экономии расходных материалов. Особую значимость приобретает разработка научно-методического аппарата, позволяющего эффективно создавать новые режимы работы МФП в условиях ограниченных вычислительных ресурсов встроенных платформ и жёстких требований к производительности.

Существующие методы обработки изображений, ориентированные на просмотр результатов на экране компьютера, часто не удовлетворяют специфическим требованиям печати и недостаточно оптимизированы для аппаратно-программных платформ МФП. Это создаёт противоречие между необходимостью расширения функциональных возможностей устройств и ограниченностью ресурсов памяти и вычислительной мощности встроенного ПО.

2. Структура и характеристика диссертационной работы и автореферата.

Диссертация представляет собой завершённое научное исследование объёмом 325 страниц, включающее введение, семь глав, заключение и приложение. Библиография содержит 359 источников. Работа содержит 107 рисунков и 38 таблиц.

Структура диссертации логична и последовательна. Первая глава создаёт единый терминологический и концептуальный базис, вводит математическую постановку

основной научной задачи. Вторая глава формулирует оригинальную спиральную методологию НИР, основанную на анализе и управлении рисками. Главы с третьей по седьмую представляют различные элементы научно-методического аппарата и разработанные на их основе режимы работы:

- глава 3 – методика режимов сканирования с коррекцией искажений, сегментацией и конвертацией в метафайл;

- глава 4 – подход к реализации специальных режимов печати через локальную модификацию процессора растровых изображений;

- глава 5 – подход к автоматической оценке и улучшению качества печатаемых фотографий;

- глава 6 – группа преобразований для изменения размеров и соотношения сторон без модификации смысловых элементов;

- глава 7 – принципы автоматического выбора и размещения фотографий на странице.

Текст диссертации отличается ясностью изложения, академической строгостью и отсутствием излишней формализации. Автореферат полностью отражает содержание диссертации и соответствует установленным требованиям.

3. Теоретическая значимость, научная новизна и практическая ценность результатов диссертации.

Научная новизна работы включает следующие результаты:

1. Спиральную методологию НИР при создании решений для систем сканирования и печати с впервые выявленными и ранжированными факторами риска неуспешного внедрения результатов исследования.

2. Методику режимов сканирования, основанную на комбинации подходов: предварительной оценке параметров по изображению низкого разрешения, коррекции скоса, подавлению растра, сегментации на области текста/картинок/фона, конвертации в метафайл.

3. Подход и технические решения для реализации в процессоре растровых изображений режимов защиты от копирования, экономичной и черновой печати, встраивания цифровых водяных знаков.

4. Подход к оценке и улучшению качества фотографий, учитывающий размеры отпечатка, разрешение и технологию печати, и разработанные методы коррекции затемнённых участков, детектирования «красных глаз», оценки резкости.

5. Группу преобразований для изменения размеров изображений с впервые сформулированным критерием заметности и порядком применения преобразований.

6. Принципы автоматического выбора и размещения фотографий с оригинальным критерием оптимальности.

Теоретическая значимость состоит в развитии научно-методического аппарата разработки методов обработки изображений для систем сканирования и печати. Сформулированные положения могут использоваться при разработке новых функций МФП и обобщаются на методы обработки изображений в иных областях промышленности.

Практическая ценность подтверждается:

- реализацией разработанных методов в коммерческих моделях принтеров Samsung и HP;

- получением актов внедрения в компаниях Samsung и Schlumberger;

- получением 42 патентов на изобретение в РФ и США;

- конкретными показателями эффективности: экономия до 80% тонера, сокращение времени подготовки фотографий в 10 раз, предотвращение печати более половины испорченных фотографий.

4. Обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций, их достоверность.

Все полученные результаты базируются на корректном применении методов цифровой обработки изображений, компьютерного зрения, распознавания образов и машинного обучения. Достоверность результатов обеспечивается:

- экспериментальными исследованиями на тестовых изображениях и стандартных наборах данных;

- сравнительным анализом с альтернативными методами и ПО;

- статистической обработкой результатов экспериментов и пользовательских опросов;

- внедрением в промышленные продукты и многолетней эксплуатацией;

- защитой 42 патентами на изобретение, что подтверждает промышленную применимость и новизну.

5. Апробация работы, публикации по теме исследования.

Результаты диссертации представлены в 84 публикациях, из которых 50 квалификационных работ:

- 7 статей в журналах, индексируемых Scopus (Q2-Q3);
- 1 статья в журнале из списка ВАК;
- 42 патента на изобретение в РФ и США;
- 2 монографии издательства Springer (главы индексируются Scopus);
- 2 главы в книгах Scopus;
- 21 материал международных конференций (Scopus/WoS).

Работа апробирована на 26 международных и всероссийских конференциях, включая форумы: IS&T/SPIE Electronic Imaging, IEEE ICPR, DSPA, GRAPHICON.

Масштаб публикационной активности (84 работы) и количество патентов (42) являются исключительными для докторской диссертации и убедительно свидетельствуют о промышленной значимости результатов.

6. Замечания официального оппонента по диссертации.

По диссертационной работе можно высказать следующие замечания:

1. В главе 2 предложена спиральная методология НИР как основополагающая часть научно-методического аппарата, однако в тексте диссертации приведено только два детальных примера её применения, причём оба для режимов сканирования (раздел 3.7). Для подтверждения универсальности методологии и её центральной роли в НМА целесообразно было бы привести примеры её использования при разработке режимов из других глав: специальных режимов печати (глава 4), методов улучшения фотографий (глава 5) или преобразований изображений (глава 6). Необходимо отметить, как разработанная методология применялась для решения задач с различными уровнями риска и как анализ рисков влиял на выбор технических решений.

2. В третьей главе, описывающей методику режимов сканирования, преобразования выполняются последовательным конвейером: коррекция скоса → подавление раstra → улучшение качества → сегментация → конвертация в метафайл. Не исследуется распространение ошибок по конвейеру. Например, как неточная оценка и коррекция скоса на ранних этапах (точность $\pm 0,5^\circ$, согласно разделу 3.2.1) влияет на качество

последующих операций – сегментации текста и векторизации символов? Может ли ошибка в определении угла скоса привести к неверной классификации блоков как текст/картинка/фон и, соответственно, к выбору неоптимальных параметров сжатия при сохранении в PDF?

3. В пятой главе методы оценки и коррекции качества фотографий рассматриваются изолированно. Не описан единый конвейер обработки и не проанализировано взаимное влияние методов. Например:

- как коррекция затемнённых областей (раздел 5.4) влияет на детектирование «красных глаз» (раздел 5.3), если осветление теней может изменить цветовую характеристику областей глаз?

- в каком порядке следует применять повышение резкости (5.2) и коррекцию теней – до или после, и как это влияет на финальное качество?

- могут ли методы конфликтовать, например, усиливая шумы после коррекции теней при последующем повышении резкости?

4. В разделе 5.3.2 предлагаемый метод детектирования «красных глаз» оценивается по сравнению с известными решениями: ПО Adobe Photoshop Elements 5.0, Microsoft Digital Image Suite 2006, ACDSee Pro, принтеры Samsung SCX-4729FD и HP Photosmart C4183. Эти продукты были выпущены 15-18 лет назад (2006-2009 гг.). Необходимо принять во внимание, что эксперимент проводился в то время, когда разрабатывался метод, и повторение в идентичных контролируемых условиях затруднительно. Тем не менее, желательно было бы привести характеристику современного состояния методов коррекции данного дефекта (например, на основе нейросетевых подходов или современных мобильных приложений) и позиционировать предложенное решение относительно актуальных разработок.

5. В разделе 7.1 для автоматического выбора фотографий из коллекции предлагается способ определения «интересности» изображения, учитывающий только два фактора: количество детектированных лиц людей и карту значимости. Такой подход, хотя и вычислительно эффективен, игнорирует следующие важные аспекты:

- эмоциональный контекст: наличие улыбок, выражение лиц, что критично для выбора удачных фотографий;

- композиционные правила: правило третей, золотое сечение, баланс элементов;

- техническое качество: резкость, освещённость, цветовой баланс, которые частично оцениваются в главе 5, но не интегрированы в метрику выбора;

- семантическое содержание: значимые события (праздники, путешествия), которые можно извлечь из метаданных EXIF.

Необходимо представить описание ограничений предлагаемого упрощённого подхода и перспективы его развития.

6. В работе практически не рассмотрены вопросы адаптации разработанных методов к современным тенденциям развития офисной техники:

- облачная печать и обработка изображений на серверах;
- мобильные приложения для сканирования (мобильные телефоны как сканеры);
- интеграция с современными системами искусственного интеллекта (большие языковые модели, генеративные нейросети);

- поддержка новых форматов файлов и протоколов обмена данными.

Учитывая быстрое развитие технологий, было бы полезно рассмотреть вопрос о применимости предложенного НМА для этих направлений.

7. В диссертации недостаточно внимания уделено вопросам вычислительной эффективности и как следствие энергоэффективности разработанных алгоритмов. Для встроенных систем МФП, особенно мобильных принтеров, энергопотребление является критичным параметром наряду с вычислительной сложностью и временем обработки.

Перечисленные замечания носят дискуссионный характер и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы, её научной и практической значимости.

7. Вывод о соответствии диссертации Положению о присуждении учёных степеней.

Диссертационная работа Сафонова Ильи Владимировича представляет собой завершённое комплексное научное исследование, вносящее значительный вклад в развитие методов обработки изображений для систем сканирования и печати.

Основные достижения работы:

- разработан научно-методический аппарат, включающий методологию, методику, подходы и принципы разработки методов обработки изображений для МФП;

- создан и внедрён комплекс из более 20 новых режимов работы устройств печати;

- получены акты внедрения в компаниях Samsung, HP и Schlumberger;

- результаты защищены 42 патентами на изобретение в РФ и США;

- опубликовано 84 научных работы, включая 2 монографии Springer и 7 статей в журналах Scopus.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы», а именно пунктам 1, 3, 4 и 17.

Учитывая масштаб проведённой работы, её научную новизну и практическую значимость, комплексный характер решённых задач и высокий уровень апробации результатов, диссертация полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, в ней изложены новые научно обоснованные технические и организационные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие индустрии офисной печати.

Автор, Сафонов Илья Владимирович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.8 – Информатика и информационные процессы.

16.02. 2026 г.

 А.В. Куприянов

Сведения об официальном оппоненте:

Доктор технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Заведующий кафедрой технической кибернетики ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева».

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», 443086, Самарская область, г. Самара, Московское шоссе, д. 34, тел. +7(846)3351826, web-сайт: <https://ssau.ru/>, e-mail: akupr@ssau.ru

