В диссертационный совет 24.2.375.01,
созданный при РГРТУ им. В.Ф. Уткина

390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д.59/1

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Корчагина Валерия Дмитриевича

«МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ В DICOM-ПОДОБНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ»,

представленную на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности:
2.3.1 – Системный анализ, управления и обработка информации, статистика

Актуальность. Диссертационная работа посвящена исследованию методов интеллектуального анализа визуальной информации в условиях гетерогенных данных стандартов семейства DICOM. Автор обосновывает необходимость комплексирования визуальных и фактографических признаков для повышения релевантности поиска изображений при внутриклассовой вариативности и неполноте метаданных - задача, актуальная для систем поддержки принятия решений в промышленном контроле, медицинской диагностике и смежных областях.

Современные распределённые системы поддержки принятия решений (СППР), функционирующие в промышленной и прикладной среде, всё чаще оперируют большими массивами визуальной информации, представленной в DICOM-подобных форматах. Такие данные характеризуются высокой степенью неоднородности, наличием сложных метаданных и значительной внутриклассовой вариативностью изображений, что существенно осложняет задачи поиска, сопоставления и интеллектуального анализа.

Традиционные подходы, основанные исключительно на обработке визуальных признаков, демонстрируют ограниченную устойчивость в условиях неполной или искажённой фактографической информации. Это приводит к снижению релевантности результатов поиска и ухудшению качества поддержки экспертных решений.

Таким образом, актуальность диссертационного исследования определяется необходимостью разработки методов и алгоритмов, обеспечивающих совместное использование визуальных и фактографических признаков в едином семантическом пространстве представлений, а также их интеграцию в распределённую архитектуру СППР с поддержкой масштабируемой обработки и интеллектуального поиска.

Целью работы Корчагина В.Д. является разработка модели и алгоритмов интеллектуального анализа изображений в DICOM-подобных данных, обеспечивающих повышение качества поиска и ранжирования визуальной информации в составе распределённых СППР.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решены следующие **научные задачи**:

1) разработка требований к интеграции алгоритмов интеллектуального анализа изображений в единое информационное пространство СППР;

2) разработка архитектуры модели «DICONDE-YOLO» для обработки визуальных и метаданных;

3) разработка комплексированного алгоритма формирования единого признакового пространства;

4) реализация программного прототипа распределённой СППР;

5) проведение экспериментальной оценки эффективности предложенных решений в сравнении с базовой моделью YOLOv8.

Научная новизна диссертационного исследования определяется, прежде всего, разработкой новых методов интеллектуального анализа DICOM-подобных изображений, ориентированных на совместную обработку визуальной и фактографической информации в распределённых СППР.

К числу наиболее значимых научных результатов относятся:

- архитектура модели «DICONDE-YOLO», отличающаяся интеграцией визуальных признаков и токенизированных метаданных непосредственно на уровне формирования эмбеддингов, что обеспечивает формирование единого семантического пространства представлений;

- комплексированный алгоритм интеллектуального анализа изображений, обеспечивающий совместную обработку визуальных и фактографических признаков и повышение устойчивости поиска при неполных метаданных;

- архитектура распределённой СППР на основе микросервисного подхода с использованием Milvus, Redis, Elasticsearch и механизмов асинхронной обработки данных;

- AutoML-контур управления параметрами модели, обеспечивающий адаптацию архитектуры «DICONDE-YOLO» к изменяющимся характеристикам входных данных и вычислительным ресурсам.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке и реализации программного прототипа СППР, обеспечивающего интеллектуальный анализ изображений в DICOM-подобных данных с использованием комплексированных признаков.

Разработанные решения внедрены в промышленную эксплуатацию и используются в составе информационной инфраструктуры предприятия при поддержке работы дефектоскопистов при расшифровке изображений, полученных в процессе неразрушающего радиационного контроля сварных соединений.

Наиболее значимые практические **результаты** включают:

-повышение точности поиска и ранжирования изображений (увеличение mAP50 до 0.94);

- повышение устойчивости работы при неполных метаданных;

- снижение времени отклика системы;

- увеличение производительности обработки изображений;

- программно-алгоритмическую реализацию масштабируемой микросервисной архитектуры СППР.

Достоверность представленных в диссертационной работе результатов подтверждается использованием современных методов анализа данных, технологий глубокого обучения и средств распределённой обработки информации.

В ходе исследования применялись актуальные программные средства, обеспечивающие корректную реализацию вычислительных процедур и обучение моделей в условиях высоких вычислительных нагрузок.

Экспериментальная часть опирается на обширный набор исходных данных, включающий значительное количество визуальных объектов, что обеспечивает репрезентативность полученных выводов.

Повторяемость результатов подтверждается серией вычислительных экспериментов, выполненных при различных конфигурациях параметров модели и входных данных.

Стабильность показателей качества демонстрируется при изменении условий тестирования и масштаба обрабатываемой информации.

Объектом исследования диссертационной работы являются многоканальные растровые изображения DICOM-подобного формата, рассматриваемые в контексте обработки результатов радиационного НК.

Предметом исследования диссертационной работы является комплексирование программно-алгоритмических методов, направленных на улучшение процесса поиска схожих изображений в СППР.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и семи приложений. Основной текст работы изложен на 96 страницах, приложения – на 15 страницах текста. Иллюстрационный материал включает рисунков и таблиц. Библиографических список содержит 101 наименование. Общий объем диссертации 129 страниц.

Во введении (стр. 4–14) обосновывается актуальность темы диссертационной работы, формулируются цели и задачи исследования, определяется практическая значимость, приводятся сведения об апробации и внедрении работы.

В первой главе «АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ» (стр. 15–32) автор рассматривает предметную область анализа изображений в форматах семейства DICOM, анализирует стандарты DICONDE и DICOS, существующие алгоритмы поиска (классические методы, СНС, трансформеры), выявляя ограничения использования исключительно визуальных признаков. Описаны три уровня комплексирования информации - на уровне данных, признаков и решений - что обосновывает необходимость формализованной интеграции разнородных признаков в едином пространстве представлений.

Во второй главе «ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ КОМПЛЕКСИРОВАННОГО ПОИСКА СХОЖИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В DICOM-ПОДОБНЫХ ФОРМАТАХ» (стр. 33-51) разработана математическая модель комплексированного анализа изображений и предложена архитектура «DICONDE-YOLO». Формализованы процедуры обработки визуальных данных и метаданных, описаны механизмы формирования единого признакового пространства и представлены оценки вычислительной сложности разработанных алгоритмов.

В третьей главе «ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ. ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ» (стр. 52-71) представлены результаты вычислительных экспериментов и сравнительного анализа различных архитектур нейронных сетей. Проведены исследования эффективности отдельных компонентов предложенной модели, выполнена оценка масштабируемости и устойчивости разработанных решений.

В четвёртой главе «ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ВСТРАИВАЕМОСТИ В ЕДИНОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО. СРАВНЕНИЕ С ПРОТОТИПОМ СППР И АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ» (стр. 72-92) рассмотрены вопросы практической реализации разработанной системы. Представлена архитектура программного комплекса, описаны механизмы интеграции в корпоративную информационную среду и приведены результаты опытной эксплуатации.

В **заключительной части** (стр. 93-96) сформулированы основные результаты исследования и выводы по работе.

Приложения (стр. 114-129) содержат материалы, подтверждающие внедрение результатов исследования, сведения о программной реализации и дополнительные результаты вычислительных экспериментов.

Стилистика работы. Диссертация и автореферат изложены в научном стиле, логично структурированы и последовательно раскрывают содержание выполненного исследования. Материал сопровождается достаточным количеством иллюстраций, таблиц, математических моделей и экспериментальных результатов, обеспечивающих восприятие и проверяемость полученных выводов.

В **приложениях** приведены дополнительные материалы, включая сведения о программной реализации, результаты экспериментов, схемы архитектуры системы и документы, подтверждающие внедрение разработанных решений.

Общая характеристика работы

Диссертационное исследование представляет собой завершённую научную работу, направленную на решение прикладной задачи интеллектуального анализа визуальных данных, представленных в DICOM-подобных форматах, в составе распределённых систем обработки информации.

Выполненные исследования охватывают методы анализа изображений, технологии машинного обучения, подходы к построению информационно-поисковых систем и принципы организации распределённых вычислительных архитектур.

Полученные результаты демонстрируют согласованность теоретических положений с экспериментальными данными и подтверждаются результатами практической реализации программного комплекса.

Работа отличается логической целостностью, последовательностью изложения материала и обоснованностью сформулированных выводов.

Автореферат в целом отражает содержание диссертации, включая актуальность, ключевые положения исследования, основные результаты и выводы.

Результаты диссертационной работы прошли апробацию на научно-технических конференциях и семинарах.

Научная значимость диссертации заключается в развитии теоретических и методологических основ интеллектуального анализа изображений в DICOM-подобных данных за счет разработки модели комплексированного представления визуальной и фактографической информации в едином семантическом пространстве признаков. Предложенный подход расширяет существующие методы поиска и анализа изображений, поскольку позволяет учитывать не только визуальное содержание данных, но и сопровождающие их структурированные метаданные, оказывающие существенное влияние на интерпретацию результатов.

Особую научную ценность представляют разработанная архитектура искусственной нейронной сети «DICONDE-YOLO», обеспечивающая интеграцию фактографических данных на уровне внутренних представлений модели, а также формализация алгоритма масштабируемого поиска схожих изображений с использованием механизмов ANN-индексации. Полученные научные результаты развивают положения системного анализа применительно к задачам обработки больших объемов гетерогенной информации и формируют теоретическую основу для построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений нового поколения.

Выполненное исследование вносит вклад в развитие методов обработки информации, машинного обучения и интеллектуального поиска данных, а предложенные модели и алгоритмы обладают потенциалом дальнейшего развития и адаптации для различных прикладных областей, использующих стандартизированные форматы хранения изображений и метаданных.

Замечания по диссертационной работе

По содержательной части диссертационной работы могут следует сделать следующие замечания:

1. В главе 3 проводится сравнение архитектур YOLOv8–YOLOv12 (стр. 59), однако не объясняется, почему в данном сравнении отсутствует версия YOLOv9 и другие модели детекции объектов, такие как Faster-RCNN и SSD. Архитектуры, отличные от YOLO могут показать большую работоспособность.

2. В главе 3 представлена процедура экспертной разметки датасета (стр. 58), однако не указано, количество экспертов, принимавших участие в разметке, а также сведения о достигнутом уровнем согласия между ними. Согласованность мнения экспертов влияет на качество разметки обучающей выборки, что в итоге может оказать влияние на результат работы обучаемых моделей обнаружения объектов.

3. В главе 3 представлены классы дефектов, на обнаружение которых обучены рассматриваемые в работе детекторы объектов (стр. 66). Не вполне ясно, каким образом выбранный набор классов дефектов отражает реальное разнообразие дефектов сварных соединений, встречающихся при радиографическом контроле.

4. Экстраполяция вычислительной сложности ANN-индекса (стр. 69) до объемов 10^8 изображений (раздел 3.3) не содержит оценки погрешности аппроксимации: автор приводит формулы, однако не обосновывает, как оценивается качество экстраполяции и допустимые границы отклонения от реальных значений при масштабировании.

5. В главе 4 описано применение AutoML-контура (стр. 78), с помощью которого прозводился подбор гиперпараметров, архитектурный поиск и т.д. В данном описании недостаточно подробно раскрыты сведения о применяемых алгоритмах оптимизации при подборе гиперпараметров, используемых через структуру AutoML.

6. Не в полной мере исследована чувствительность предложенного подхода к ошибкам и шумам в метаданных, что может влиять на устойчивость формирования единого признакового пространства.

Замечания по автореферату диссертации

1. В автореферате заявлена разработка формальной модели комплексированного представления изображений на основе интеграции визуальных эмбеддингов и токенизированных метаданных в едином семантическом пространстве. Однако описание механизма интеграции признаков носит общий характер, вследствие чего не вполне ясно, каким образом учитывается вклад различных типов данных при формировании итогового эмбеддинга.

2. В работе заявлено использование модифицированной архитектуры «DICONDE-YOLO», отличающейся интеграцией метаданных на уровне внутренних представлений сети и применением AutoML-контуров. Вместе с тем в автореферате отсутствует количественная оценка вклада каждого из предложенных архитектурных изменений (ASPP, ECA, глубинные свертки, интеграция метаданных) в итоговое улучшение показателей качества, что затрудняет анализ влияния отдельных компонентов на эффективность модели.

3. При исследовании масштабируемости системы приведены результаты экстраполяции производительности ANN-поиска до объемов порядка 10^8 изображений. Однако в автореферате не раскрыты сведения о проведении натурных экспериментов на массивах данных сопоставимого объема, вследствие чего остается открытым вопрос о степени соответствия расчетных оценок фактическим характеристикам системы в условиях промышленной эксплуатации.

4. В автореферате приведены результаты сравнения разработанного решения с базовой архитектурой YOLOv8. Вместе с тем представляется целесообразным дополнительно рассмотреть сравнение с современными специализированными архитектурами поиска изображений и мультимодальными моделями, ориентированными на совместную обработку визуальной и текстовой информации, что позволило бы более полно оценить конкурентоспособность предложенного подхода.

5. В качестве одной из основных областей применения рассматриваются данные радиационного неразрушающего контроля. При этом в автореферате недостаточно подробно рассмотрены вопросы переноса предложенных моделей и алгоритмов на другие типы DICOM-подобных данных, отличающиеся физической природой изображений и структурой метаданных, что ограничивает оценку универсальности разработанного решения;

6. Не в полной мере раскрыты характеристики используемых датасетов (размер классов, степень дисбаланса, условия формирования выборки), что затрудняет полную оценку воспроизводимости экспериментальных результатов.

Отмеченные замечания по диссертационной работе и автореферату диссертации не снижают научной и практической ценности выполненного исследования, имеют преимущественно уточняющий и носят дискуссионный характер.

Заключение

Диссертационная работа Корчагина В. Д. на тему «Модель и алгоритмы интеллектуального анализа изображений в DICOM-подобных данных при поддержке принятия решений», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача повышения эффективности интеллектуального поиска и анализа изображений в DICOM-подобных данных на основе комплексного использования визуальных и фактографических признаков.

Полученные автором результаты обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью. Разработаны модель комплексированного представления данных, модифицированная архитектура нейронной сети «DICONDE-YOLO», алгоритм масштабируемого поиска схожих изображений и архитектура распределенной системы поддержки принятия решений. Предложенные решения доведены до практической реализации и подтверждены результатами экспериментальных исследований и опытной эксплуатации.

Основные положения диссертации опубликованы в научных изданиях, включая рецензируемые журналы, рекомендованные ВАК Российской Федерации, а также издания, индексируемые в международных базах научного цитирования. Результаты исследования прошли необходимую апробацию на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Автореферат отражает основные положения, содержание и результаты диссертационного исследования.

Диссертационная работа Корчагина Валерия Дмитриевича соответствует требованиям пунктов 9-11 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика**.

Официальный оппонент:

_____ Н.В. Крысько

«15» 10 2026 года

Контактная информация:

Ф.И.О.: Крысько Николай Владимирович

Учёная степень: кандидат технических наук

Научная специальность: 05.02.10 — «Сварка, родственные процессы и технологии»

Организация: Федеральной государственное автономное учреждение «Научно-учебный центр «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н. Э. Баумана»

Почтовый адрес: 105005, Москва, ул. 2-ая Бауманская, д. 5, строение 1; а/я №76

Должность: главный научный сотрудник

тел.: +7 (499) 263-68-02

e-mail: kryskonv@bmstu.ru

Подпись кандидата технических наук Крысько Н.В. удостоверяю

_____

«15» 07 2026 года

С отзывом ознакомлен 20.08.2026 Корч