

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Ананьева Владислава Валерьевича

«Метод и программные средства адаптивного синтеза изображений высокого разрешения на основе диффузионных моделей при работе с гигапиксельными изображениями»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.3.5 - «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»

Актуальность темы

Обучение глубоких нейронных сетей для анализа изображений осложняется дефицитом данных, экспертная разметка которых остается дорогой. В ряде областей эта проблема усугубляется характером самих данных. Показательный пример — цифровая патология, где исходным материалом служат гигапиксельные изображения гистологических препаратов с многоуровневой топологией, наличием доменного сдвига между источниками данных и дисбалансом классов.

Эффективность классических приемов аугментации в таких условиях ограничена и исследователи все чаще прибегают к применению методов генеративного синтеза обучающих данных. Диссертационная работа Ананьева Владислава Валерьевича посвящена разработке метода и программных средств адаптивного синтеза изображений высокого разрешения на основе диффузионных моделей. В диссертационной работе автором предложены метод адаптивного синтеза изображений, метод доменной специализации латентных диффузионных моделей и алгоритм локального контекстно-ориентированного встраивания объектов. На базе предложенных методов реализован модульный программно-алгоритмический комплекс генерации обучающих данных, апробированный на задачах цифровой патологии.

Достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных результатов основана на нескольких факторах. В первую очередь, она обеспечивается тщательным теоретическим обоснованием предложенного метода и его алгоритмов — корректной математической постановкой задачи латентной диффузии, применением проверенных архитектур диффузионных трансформеров и обоснованным выбором стратегий дообучения, — а также проведением вычислительного эксперимента на репрезентативных клинических выборках с использованием разработанного программного комплекса.

Все утверждения и выводы, представленные в диссертации, имеют научное обоснование. Обоснование опирается на детальный анализ существующей литературы по теме исследования и на количественную оценку качества синтезируемых данных с помощью общепринятых метрик в нескольких независимых признаковых пространствах, подтвержденную ростом точности прикладных моделей сегментации и классификации. В диссертации приведен список основных работ отечественных и зарубежных авторов в данной области; основные результаты прошли апробацию на профильных научных конференциях и опубликованы в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science.

Новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Новыми являются следующие основные результаты диссертации:

1. Метод адаптивного синтеза гистологических изображений высокого разрешения, сочетающий латентные диффузионные трансформеры, визуальное обусловливание и сжатие матриц внимания.
2. Метод доменной специализации латентных диффузионных моделей, разделяющий адаптацию на две стадии: прогрессивное обучение отвечает за морфологию, а низкоранговые адаптеры (LoRA) — за стиль конкретного набора данных.
3. Алгоритм локального контекстно-ориентированного встраивания объектов, совмещающий объект с фоном непосредственно в латентном пространстве с автоматическим цветовым согласованием. Бесшовная интеграция достигается без дополнительных обучаемых модулей и ручной пространственной разметки.
4. Гибридная методология многофакторной оценки качества синтезируемых данных, учитывающая одновременно статистическую согласованность распределений, сохранение доменно-специфичной семантики и генеративное разнообразие образцов в признаковых пространствах нескольких независимых энкодеров (Inception-v3, ViT, UNet). На ее основе подтверждено как качество самого синтеза, так и практическая полезность синтетических данных при обучении прикладных моделей в условиях классового дисбаланса. Обогащение обучающей выборки синтетическими данными привело к росту метрик IoU и специфичности при снижении дисперсии в задаче семантической сегментации, а также к повышению F1-меры, чувствительности и специфичности в задаче классификации.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Теоретическая значимость состоит в разработке метода адаптивного синтеза на основе латентных диффузионных трансформеров и в формализации двухэтапной доменной специализации. Эти результаты образуют задел для дальнейших работ по условному синтезу медицинских изображений.

Практическая значимость исследования заключается в разработке и реализации модульного программно-алгоритмического комплекса адаптивного синтеза, восполняющего дефицит клинических данных и компенсирующего доменный сдвиг за счет генерации морфологически достоверных обучающих выборок. Экспериментально показано, что обогащение выборок синтетическими данными повышает качество прикладных моделей и снижает дисперсию их оценок. В частности, F1-мера в задаче классификации выросла с 0,9279 до 0,9577. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Программный комплекс внедрен в работу патологоанатомического отделения ФГБУ «НМИЦ АГП им. В.И. Кулакова» Минздрава России.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты диссертации могут быть востребованы в исследованиях и прикладных проектах цифровой патологии, где остро стоит проблема нехватки размеченных данных. Предложенные метод доменной специализации и алгоритм встраивания объектов не ограничиваются спецификой гистологических данных и могут быть успешно адаптированы для широкого класса задач управляемого синтеза изображений, требующих строгого контроля пространственной топологии изображений

Оценка содержания диссертации, ее завершенность

Диссертация написана ясным и последовательным языком; она включает введение, четыре главы, заключение, список литературы, список сокращений и приложения.

Первая глава отведена обзору предметной области и генеративных архитектур. Автор анализирует специфику гигапиксельных изображений WSI, проблемы доменного сдвига и дисбаланса классов, сопоставляет генеративные модели и обосновывает переход к латентным диффузионным трансформерам с визуальным обуславливанием. Итогом становятся обобщенная функциональная схема модели и уточненная постановка задачи.

Во **второй главе** изложено теоретическое ядро работы — три выносимых на защиту положения: метод адаптивного синтеза, метод доменной специализации и алгоритм локального

встраивания объектов. Изложение доведено до уровня математически формализованного вычислительного конвейера.

Третья глава посвящена программной реализации. Текст главы описывает модульную архитектуру генеративного комплекса, алгоритмическое обеспечение прикладных сценариев и приемы аппаратно-программной оптимизации вычислений при работе с гигапиксельными данными.

В **четвертой главе** представлены методология многофакторной оценки качества и результаты экспериментов. Верификация проведена по трем критериям: вычислительной эффективности, морфологической достоверности синтезируемых данных и влиянию синтетических данных на обучение прикладных моделей. Во всех случаях подтвержден положительный эффект.

Работу Ананьева В. В. можно квалифицировать как завершённую научно-исследовательскую работу, содержащую новые результаты, имеющие научную и практическую ценность. Результаты полученные при выполнении работы обладают научной и практической значимостью и вносят существенный вклад в развитие методов адаптивного синтеза изображений высокого разрешения для задач цифровой патологии и смежных прикладных областей.

Замечания к содержанию и оформлению диссертации

К работе есть ряд замечаний:

1. «Адаптивный синтез» — термин вводится в названии, но нигде не определяется формально. В тексте этот термин используется как синоним «управляемого синтеза», что не одно и то же.
2. Автор описывает выравнивание моментов в пространстве CIELAB как способ обеспечения колориметрической согласованности. Дополнительный расчет количественных метрик колориметрической согласованности, например ΔE , позволил бы повысить объективность оценки «бесшовности» результатов.
3. В работе показан положительный эффект использования синтетических данных. В дальнейшем было бы полезно провести более детальный сравнительный анализ LoRA-адаптации и простого fine-tuning, чтобы отдельно уточнить вклад механизма доменной адаптации и использования синтетических данных в наблюдаемый прирост качества.
4. Результаты, приведённые в таблицах 8–9, характеризуют качество модели на смешанной выборке (DHMC+LCNOV+NLST). Эксперимент, в рамках которого модель обучается на данных одного домена и тестируется на данных другого, позволил бы дополнительно охарактеризовать устойчивость модели к доменному сдвигу.

Перечисленные замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в четырех научных работах, три из которых входят в международные базы цитирования Scopus и Web of Science; получено также свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Последовательное изложение материала и структура разделов диссертационной работы позволяют получить полное представление о проведенном исследовании и полученных результатах. Автореферат полностью соответствует основному тексту диссертации, полноценно раскрывая значимость темы, поставленные цели, степень научной новизны и главные выводы.

Диссертация Ананьева Владислава Валерьевича «Метод и программные средства адаптивного синтеза изображений высокого разрешения на основе диффузионных моделей при работе с гигапиксельными изображениями» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача, имеющая значение для математического и программного обеспечения вычислительных систем. Работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Официальный оппонент

Андрей Серджевич Крылов

доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры математической физики факультета вычислительной математики и кибернетики ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Дата «11» августа 2026 г.