

УТВЕРЖДАЮ:
первый проректор
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет»
ректор географических наук,
профессор

_____ А.А. Лиховид
28 ноября 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации — федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» на диссертационную работу Качанова Владимира Владимировича на тему: «Методы и программные средства автоматического рецензирования исходного кода», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Диссертация Качанова В.В. посвящена исследованию и разработке методов автоматического рецензирования исходного кода программ. Целью работы является развитие методов обнаружения признаков технического долга программ и построение системы автоматического рецензирования кода, которая интегрирует в себя реализованные методы.

Актуальность исследования обусловлена фундаментальным противоречием современной программной инженерии: между экспоненциальным ростом сложности и масштаба разрабатываемых систем и ограниченной способностью традиционных инструментов обеспечить высокое качество и сопровождаемость кода. Существующие решения в области автоматической проверки исходного кода в виде статических анализаторов, хотя и эффективны для выявления синтаксических ошибок и грубых нарушений стандартов, демонстрируют принципиальную ограниченность в вопросах, требующих семантического понимания контекста.

Ключевым аргументом в пользу разработки интеллектуальных методов автоматического рецензирования является их ориентация на выявление и интерпретацию антипаттернов кода – трудноформализуемых дефектов дизайна, которые не нарушают функциональность программы напрямую, но существенно снижают ее сопровождаемость, повышают цикломатическую сложность и

создают технический долг. Классические анализаторы, опирающиеся на жесткие правила, зачастую неспособны детектировать такие недочеты.

Применение больших языковых моделей способствует не только синтаксическому разбору, но и глубокому семантическому анализу кода, распознаванию идей, стоящих за реализацией, и генерации контекстно-обусловленных предложений.

Таким образом, работа находится на переднем крае междисциплинарной научной повестки, интегрируя передовые достижения в области искусственного интеллекта, теорию программной инженерии и прагматику индустриальной разработки. Это открывает путь к созданию нового класса инструментов, которые не просто «ищут ошибки», но способствуют формированию культуры качества кода на протяжении всего жизненного цикла разработки программного обеспечения.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Во введении сформулированы цель и задачи работы, обоснована их актуальность, научная новизна, практическая и теоретическая значимость.

В первой главе представлен систематический обзор литературы, позволивший провести классификацию ключевых понятий в области технического долга и методов его идентификации. Аргументируется несовершенство существующих инструментов статического анализа и обосновывается целесообразность гибридного подхода, сочетающего программные метрики и методы машинного обучения.

Во второй главе описана методология и алгоритм автоматического сбора обучающих данных из истории разработки проектов с открытым исходным кодом. Ключевым достижением стала разработка метода автоматического сбора данных и создание открытого набора из 5912 размеченных примеров антипаттернов Java. Обученные на этом корпусе модели продемонстрировали существенный прирост эффективности, улучшение F1-меры на 46–78% для различных категорий антипаттернов.

В третьей главе проведен сравнительный анализ подходов к генерации рецензий на основе языковых моделей и поиска исторических аналогов. Для преодоления ограничений существующих методов предложены модификации алгоритмов поиска релевантного кода, разработан метод классификации рецензий и метод автоматического рецензирования на основе языковых моделей с улучшенной генерацией, интегрируемый в единую систему. Наивысшую эффективность в задаче классификации показали модели на архитектуре BERT.

В четвертой главе приведены результаты сравнительного анализа, показавшего двукратное превосходство системы на базе большой языковой модели над традиционными методами по доле приемлемых комментариев.

Установлена зависимость качества генерации от объема и релевантности данных, а также эффективность оптимизации инструкций и пост-обработки. Примененные улучшения к системным инструкциям позволила улучшить доли применимых рецензий. Эффективность подхода подтверждена практической апробацией в среде Gerrit.

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Разработан и реализован метод сбора данных об исправлениях антипаттернов кода из истории разработки проектов с открытым исходным кодом. Итоговый набор содержит 5900 примеров исправлений дефектов из проектов с открытым исходным кодом. Показано, что собранные таким образом данные позволяют обучать новые более точные классификаторы.
2. Разработаны и реализованы методы детектирования антипаттернов исходного кода, сочетающие метрики кода с методами машинного обучения. Полученный подход позволяет повысить точность и полноту результатов классификации.
3. Разработаны методы автоматического рецензирования исходного кода, основанные на применении языковых моделей, которые предлагают разработчику применимые советы по улучшению исходного кода. Показана эффективность внедренных новых модификаций в существующие методы.
4. Разработан и реализован программный комплекс, сочетающий работу детекторов антипаттернов исходного кода в систему автоматического рецензирования. Экспериментальная оценка итогового инструмента показывает, что доля применимых и средних рецензий достигает 77%.

Научная новизна полученных результатов заключается в том, что:

1. Разработаны методы интеллектуального детектирования неформальных дефектов программного кода, основанные на синтезе статического анализа исходного текста и алгоритмов машинного обучения. Сформирован репрезентативный набор данных, охватывающий различные типы ошибок, выявленные в процессе эволюции реальных программных проектов, что создаёт основу для обучения и валидации интеллектуальных моделей анализа кода.
2. Разработан и реализован программный комплекс, интегрирующий разработанные детекторы антипаттернов и генератор рецензий к изменений в исходном коде в единую систему автоматического рецензирования кода. Архитектура разработанного комплекса

обеспечивает модульность, расширяемость и совместимость с существующими инструментами разработки.

Практическая значимость. Разработанные оригинальные подходы к интеллектуальному анализу кода и автоматическому рецензированию, объединяющие статический анализ с машинным обучением, были реализованы в программном комплексе. Применение данного программного комплекса позволяет повысить эффективность функционирования систем автоматического рецензирования исходного кода с использованием больших языковых моделей. Проведенная экспериментальная оценка показала, что благодаря использованию разработанного программного комплекса доля приемлемых рецензий более семидесяти процентов. Применение системы в промышленной среде даёт возможность стандартизировать практики контроля качества и интегрировать их в существующие системы непрерывной разработки и внедрения

Сформирован и опубликован репрезентативный набор данных, который служит основой для обучения, тестирования и сравнения моделей в данной предметной области. Разработанные методы фильтрации и структурирования замечаний создают теоретический фундамент для последующих работ в сфере обеспечения качества ПО.

Результаты работы могут быть внедрены в процесс непрерывной разработки компаний, что позволит значительно сократить временные затраты на рецензирование изменений в исходном коде, минимизировать субъективный фактор и упростить включение новых сотрудников. Результаты тестирования демонстрируют высокую долю (более половины) приемлемых для разработчиков замечаний, что подтверждает адекватность системы реальным процессам, что подтверждается актом о внедрении.

По оформлению и содержанию работы имеются следующие **замечания**:

1. При оценке результатов качества сгенерированных рецензий не определены доверительные интервалы, что усложняет оценку о статистической значимости предлагаемых улучшений.
2. В Главе 3 при описании интеграции детекторов антипаттернов кода в систему рецензирования не описано, как система обрабатывает конфликты между результатами детекторов и инструкциями языковой модели.
3. В Главе 3 при определении различных видов контекста, которые добавляются к изменениям исходного кода, не приведено обоснование выбора конфигураций контекста.
4. В разделе 3.8 указывается, что метрика BLEU некорректно вычислялась в работе, на которой базируется часть решения. В экспериментах в Главе 4

(Таблицы 4.2-4.4) снова используется BLEU, но не ясно, исправлена ли методологическая ошибка или результаты некорректны.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы.

Диссертация имеет четкую структуру, хорошо оформлена, содержит значительное количество графиков, схем и листингов. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. Достоверность результатов подтверждена корректностью применения апробированного в научной практике исследовательского и аналитического аппарата, результатами экспертных оценок специалистов, обсуждением результатов исследования на научных конференциях. Результаты работы опубликованы в 6 работах, пять из которых изданы в журналах, рекомендуемых ВАК. Кроме того, получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Таким образом, можно сделать вывод, что диссертация Качанова Владимира Владимировича на тему «Методы и программные средства автоматического рецензирования исходного кода» является завершенной научно-исследовательской работой, в которой на основании выполненных автором исследований, получены результаты, совокупность которых можно квалифицировать как решение задачи по повышению эффективности систем автоматического рецензирования исходного кода.

Диссертация выполнена на высоком уровне, обладает научной новизной и практической значимостью и удовлетворяет всем требованиям п. 9-11 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Качанов Владимир Владимирович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 - «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Отзыв подготовлен профессорами кафедры вычислительной математики и кибернетики факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н. И. Червякова ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» (355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, ул. Пушкина, д. 1) доктором физико-математических наук Тебучевой Фаризой Биляловной, тел. раб.: +7 (8652) 94-41-90 доп. 5321, email: ftebueva@ncfu.ru; доктором технических наук Пашинцевым Владимиром Петровичем, тел. раб.: +7 (8652) 95-65-46 доп. 5310, email: pashintsevp@mail.ru; и доктором технических наук Калмыковым Игорем Анатольевичем, тел. раб.: +7 (8652) 95-65-46 доп. 5310, email: kia762@yandex.ru.

Отзыв обсуждён и утвержден на заседании кафедры вычислительной математики и кибернетики факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н. И. Червякова федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», протокол от 20.11.2025 № 4.

Результаты голосования: «за» - 39 чел., «против» - 0 чел., «воздержались» - 0 чел.

Заведующий кафедрой вычислительной математики и кибернетики факультета математики и компьютерных наук имени профессора Н. И. Червякова ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»,
доктор физико-математических наук, доцент

М.Г. Бабенко

«20» ноября 2025 г.

Контактная информация организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»

Почтовый адрес: 355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

Телефон: 8(8652) 95-68-08

Факс: (8652) 95-68-03

E-mail: info@ncfu.ru

ОКПО 02067965; ОГРН 1022601961580

ИНН/КПП - 2635014955/263401001