

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Битнера Вильгельма Александровича

«Исследование и реализация модели статического анализа нахождения состояния гонки в многопоточных алгоритмах с использованием линеаризованного графа потока управления»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИСЛЕДОВАНИЯ

Исследование поведения параллельных программ при помощи различных математических моделей потоков исполнения является относительно новой и востребованной дисциплиной. Одна из важных причин подобной востребованности состоит в том, что на рынок пользовательского программного обеспечения многоядерные системы вышли менее десяти лет назад. Это событие положило начало многоступенчатому процессу содержательных изменений как в профильном образовании, так и в паттернах и инструментах разработки промышленного программного обеспечения.

Актуальность представленной работы подтверждается её ориентированностью на решение конкретной важной задачи нахождения потенциальных состояний гонок данных в системах с общей памятью. Автор уделил существенное внимание практической применимости своих разработок, поэтому рассмотренный в работе метод статического анализа программ сочетает в себе, с одной стороны, математическую строгость, которая потенциально позволит применять метод для всего разнообразия императивных языков, и, с другой стороны, ориентированность на скорейшее внедрение, благодаря использованию популярного промежуточного представления в качестве объекта анализа.

В связи с вышесказанным рецензируемую диссертационную работу можно считать актуальной и значимой с практической и теоретической точки зрения.

ОБОСНОВАННОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, НОВИЗНА И ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

Целью работы, представленной Битнером Вильгельмом Александровичем, является адаптация существующих передовых теоретических методов статического анализа на основе графа совместного исполнения потоков в системах с общей памятью к использованию с реальными промышленными проектами и в реальных инструментах разработки ПО.

Работа Вильгельма Александровича состоит из введения, трёх глав, заключения, приложения и литературы. **Во введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы и определен перечень решаемых задач. **В первой главе** автор провёл подробный анализ предметной области, привёл исчерпывающий перечень актуальных решений в области статического и динамического анализа программ, а также описал исходный метод анализа соисполняющегося кода, адаптации и модификации которого посвящена существенная часть работы. **Во второй главе** автор представил собственное решение задачи поиска состояния гонки данных для промежуточного представления компилятора LLVM. Важной особенностью решения является то, что Вильгельму Александровичу удалось строго теоретически обосновать возможность линеаризации произвольных графов потока управления. Это обоснование потенциально подводит нас к возможности полностью автоматического статического поиска состояния гонок данных уже известными методами, исключаящими некорректные выводы. **Третья глава** посвящена апробации работы на известных блокирующих и неблокирующих алгоритмах. В рамках этой апробации показано полное соответствие применения предложенного метода ожидаемым результатам. В заключении автор резюмировал основные результаты диссертационной работы.

Следует отметить основные **научные результаты**, полученные автором.

1. Наиболее важным научным результатом работы является строгий математически обоснованный метод линеаризации и редукции произвольного графа потока управления. Линеаризация позволяет существенно упростить модель анализа, а редукция квадратично снижает количество вычислений при анализе пары соисполняющихся потоков.

2. Автору удалось усовершенствовать существующие и создать новые инструменты статического анализа программного кода. Преимуществами разработок автора являются универсальность по отношению к популярным языкам программирования высокого уровня и интерактивность. В таком виде они могут служить достойной основой как для создания прикладных инструментов широкого использования, так и для продолжения исследований в области статического анализа.

3. Удачно подобранный для апробации комплекс из реальных алгоритмов вместе с результатами тестов может также послужить базой для дальнейшего аудита различных средств статического анализа кода.

Высокую техническую квалификацию соискателя подтверждает разработанный им программный комплекс, позволяющий в автоматизированном режиме осуществлять анализ широкого класса программ на предмет наличия в них потенциальных гонок данных.

Обоснованность результатов работы обусловлена корректным использованием методов теории множеств и теории графов. Автор уверенно и корректно использует научные методы доказательства и обоснования полученных результатов.

Достоверность результатов работы подтверждена апробацией метода на разнообразных модельных задачах, показавшей во всех случаях корректность выводов метода. В качестве модельных выбраны алгоритмы, реально использующиеся в промышленной разработке ПО.

Практическая **значимость** результатов работы заключается в серьёзной ориентированности предложенного метода на актуальные технологии в области разработки компиляторов. Решение Вильгельма Александровича может с незначительными усилиями быть интегрировано в системы промышленной разработки ПО, использующие CLANG-совместимые языки.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ

1. Недостатком работы, серьёзно затрудняющим восприятие материала, можно назвать терминологическую путаницу. Так, на странице 29 автором приводится определение *класса эквивалентности*, а на странице 31

– гонки данных, унаследованные из работ Заборовского Н.В. [13] и Кудрина М.Ю. [14]. Из связки этих определений следуют, что программа, не обладающая состоянием гонки данных не должна иметь более одного класса эквивалентности. В главе 3 на странице 66 при анализе корректного алгоритма `spinlock` утверждается, что для графа совместного исполнения потоков удалось найти 14 классов эквивалентности, что противоречит изначальному утверждению. При этом в дальнейшем делается вывод о корректности рассматриваемого алгоритма.

2. В главе 3 на странице 72 автор совершает два дополнительных ручных преобразования над редуцированным графом потока исполнения. Вопросы вызывает возвращение в граф ранее удалённого алгоритмом вызова библиотечной функции выделения памяти. Учитывая строгое обоснование правил удаления инструкций из промежуточного представления, возникает сомнение в полноте или корректности *реализации* метода.

3. Можно сформулировать общую претензию к наглядности материалов, иллюстрирующих важные положения работы. Так, на странице 28 впервые приводится иллюстрация графа соисполнения 2 потоков, при этом для данной иллюстрации не приводится соответствующего кода. На страницах 48-49 приводится плохо читаемый листинг графа в DOT-формате. Графы соисполнения, представленные в приложении, плохо читаются, а сами изображения не снабжены соответствующими программными инструкциями, что очень вредит их наглядности.

4. Также в работе на страницах 19, 25, 39 и 65 обнаружены опечатки и стилистические ошибки, не влияющие, тем не менее, на восприятие материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Указанные недостатки не снижают общей ценности диссертационной работы. Основные результаты диссертации полно и своевременно опубликованы в 9 печатных работах, из которых 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и получили апробацию на ряде российских и международных конференций. Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Диссертация Битнера Вильгельма Александровича «Исследование и реализация модели статического анализа нахождения состояния гонки в многопоточных алгоритмах с использованием линеаризованного графа потока управления», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные разработки, имеющие существенное значение для развития методов статического анализа параллельного кода.

Диссертация Битнера Вильгельма Александровича соответствует требованиям раздела II «Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Официальный оппонент
кандидат физ.-мат. наук,
инженер-программист ООО «Параллелз Рисерч»

Протасов С.И.

Протасов Станислав Игоревич, ООО «Параллелз Рисерч»

Адрес: 127566, Россия, Москва, Алтуфьевское шоссе 44, 3 этаж

Телефон: +7 (916) 743 4994

E-mail: stanislav.protasov@gmail.com

Подпись Трогасова Гамисева
подтверждаю.

Менеджер по кадрам
ООО "Тайфун Ресурс"

