

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.017.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ «ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИМ. А.А. ДОРОДНИЦЫНА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 18.12.2014 № 17

О присуждении Битнеру Вильгельму Александровичу, гр. РФ ученой степени кандидата технических наук. Диссертация **«Исследование и реализация модели статического анализа нахождения состояния гонки в многопоточных алгоритмах с использованием линейризованного графа потока управления»** по специальности **05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»** принята к защите 16 октября 2014 г., протокол №8 диссертационным советом Д 002.017.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук», 119333, г. Москва, улица Вавилова, 40, приказ о создании диссертационного совета № 192/НК от 12 апреля 2012 г.

Соискатель Битнер Вильгельм Александрович 1987 года рождения, в 2014 году окончил очную аспирантуру МФТИ, в 2011 году окончил Московский физико-технический институт (государственный университет) по специальности «информатика и вычислительная техника», работает инженером-программистом в ООО «Научно-технический центр ИБМ» и ассистентом на кафедре информатики МФТИ, Министерства образования и науки РФ.

Диссертация выполнена на кафедре информатики МФТИ, Министерства образования и науки РФ.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор, **Тормасов Александр Геннадьевич**, автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис», ректор.

Официальные оппоненты:

Дроздов Александр Юльевич, доктор технических наук, профессор, Институт точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева РАН, руководитель отдела Оптимизирующие компиляторы,

Протасов Станислав Игоревич, кандидат физико-математических наук, ООО «Параллелз Рисерч», инженер-программист
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» в своем положительном заключении, подписанным

Кирпичниковым Александром Петровичем, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Интеллектуальных систем и управление информационными ресурсами»,
указала, что в работе и в оформлении содержания диссертации и автореферата

можно отметить следующие замечания:

1. Понятие «линеаризация графа» стоило бы дать в начале работы более подробно. Сразу интуитивно можно не понять, что именно имеет в виду автор.
2. В работе не приведено описание, каким образом в разработанном программном комплексе определяется критическая секция или точка «S» на графе совместного исполнения потоков. Автору стоило бы внести ясность в определении данной точки.
3. В диссертационной работе имеется ряд орфографических опечаток.

Однако отмеченные недостатки носят частный или рекомендательный характер и не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы. Диссертационная работа В.А. Битнера по актуальности, объему выполненных исследований и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор В.А. Битнер заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое обеспечение вычислительных машин комплексов и компьютерных сетей».

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 3 работы, опубликованных в рецензируемых научных изданиях. Среди наиболее значимых работ можно отметить:

- Битнер В.А., Тормасов А.Г. Анализ и сокращение промежуточного представления программы в модели статического анализа нахождения состояния гонки в многопоточных алгоритмах // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, 2014. – №3. – С. 203-212. В работе приводится описание основных принципов сокращения промежуточного представления программы, приводящее к линеаризации графа потока управления.
- Битнер В.А., Тимербаев Н.Ф. Контекстно зависимая линеаризация графа потока управления в статическом анализе состояний гонок в многопоточных алгоритмах // Вестник Казанского технологического университета, 2014. – Т. 17, №15. – С. 187-192. В работе приводятся утверждения и доказательства оптимизаций над промежуточным представлением, а также описание алгоритма линеаризации графа потока управления.
- Битнер В.А., Заборовский Н.В. Построение универсального линеаризованного графа потока управления для использования в статическом анализе кода алгоритмов // Моделирование и анализ информационных систем, 2013. – Т. 20, №2. – С. 166-177. В работе приводится анализ и применение оптимизаций оптимизирующего компилятора CLANG&LLVM в линеаризации графа потока управления.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Положительный отзыв на автореферат от Нейман-заде М.И. (зам. нач. отделения ЗАО «МЦСТ», к.ф.-м.н.), Перекатова В.И. (зам. ген. директора по науке ЗАО «МЦСТ», заведующий базовой кафедрой МФТИ, д.т.н., профессор). В отзыве отмечается, что программная реализация предлагаемой математической модели на промежуточном представлении программы подтвердила ее практическую значимость, а теоретическое обоснование линеаризации графа потока

управления – свою научную новизну. В свою очередь в отзыве приводятся следующие замечания:

- В работе при описании реализованного метода не приводится формального обобщения на его использование на более чем два потока в параллельной программе, что представляется важным.
- В работе заявляется о возможности применить метод для программ, написанных под разные архитектуры. Однако в апробации рассматривается реализация программ только для x86 архитектуры. Стоило бы также привести пример использования метода для программ, реализация которых учитывает архитектурные особенности других архитектур.

В отзыве отмечается, что указанные недостатки не снижают общей ценности диссертационной работы, а автор заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое обеспечение вычислительных машин комплексов и компьютерных сетей».

2. Положительный отзыв на автореферат от Аветисяна А.И. (ученый секретарь ИСП РАН, д.ф.-м.н.), в котором отмечается, что предложенные в работе оптимизации над графом потока управления сопровождаются доказанными теоремами и обоснованными утверждениями, что является научной новизной диссертационной работы. Программная имплементация адаптированной под промышленное промежуточное представление математической модели статического анализа многопоточных алгоритмов и реализация предложенных в работе оптимизаций на промежуточном представлении программы имеют практическую ценность. В качестве замечания к работе в отзыве отмечается нестрогое понятие линеаризации графа потока управления и критериев успешного процесса линеаризации. В заключении отзыва отмечается, что автор диссертационной работы заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».
3. Акт о внедрении ООО «Параллелз», подписанный вице-президентом Н.Н. Добровольским, в котором указывается, что результаты диссертационной работы В.А. Битнера обладают актуальностью, представляют практический интерес и планируются быть использованы в верификации качества кода определенных многопоточных алгоритмов эмуляции ядра операционной системы Linux в проприетарных системах виртуализации ОС, разрабатываемые в компании Parallels. Результаты диссертационной работы послужат основой для дальнейшего развития исследуемого метода статического анализа промышленных комплексов программ и применения его в компании.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана концепция применения промежуточного представления промышленного компилятора и линеаризованного графа потока управления в

методе статического анализа на основе графа совместного исполнения потоков, что увеличило границы применимости данного метода;

- предложены оригинальные подходы оптимизации графа потока управления, направленные на уменьшение количества ветвлений в графе, при этом не нарушая корректность исследуемой математической модели статического анализа;
- доказана перспективность использования реализованного метода статического анализа в промышленной разработке многопоточного ПО;
- введены понятия в математическую модель статического анализа на основе графа совместного исполнения потоков такие, как линеаризованный граф потока управления, контекстно-зависимая линеаризация графа потока управления.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- доказаны три теоремы и обоснованы девять утверждений, которые позволили предложить положения о сокращении анализируемого промежуточного представления и оптимизациях на графе потока управления;
- применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы результаты ранних работ по исследованию математической модели статического анализа на графе совместного исполнения потоков, методы теории множеств, теории графов, теории компиляции;
- изложено теоретическое обоснование линеаризации графа потока управления и алгоритм линеаризации графа потока управления;
- раскрыты проблемы условных конструкций и циклов в исследуемой математической модели статического анализа;
- изучены связи между оптимизациями на промежуточном представлении программы, аналитическими структурами оптимизирующего компилятора и статическим анализом кода программы;
- проведена модернизация существующей математической модели статического анализа на графе совместного исполнения потоков благодаря использованию промежуточного представления программы и его упрощения на графе совместного исполнения потоков.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработана архитектура системы поиска состояний гонок с использованием оптимизирующего компилятора CLANG&LLVM, системы компьютерной алгебры Wolfram Mathematica и собственных программных разработок;
- определены перспективы практического внедрения в промышленной разработке как средство верификации качества кода многопоточного ПО;
- создана модель поиска состояний гонок на промежуточном представлении с использованием теоретически обоснованных оптимизаций графа потока управления;
- представлены методические рекомендации по организации процесса поиска состояний гонок в параллельных программах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ показана корректность теоретических обоснований метода поиска состояний гонок с использованием линеаризованного графа потока управления на модельных задачах;
- теория согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации, а также с теорией оптимизирующих компиляторов;
- идея базируется на синтезе существующих практик в области оптимизирующих компиляторов и наработок передового опыта в области статического анализа на основе графа совместного исполнения потоков;
- использованы данные, полученные ранее в работах А.Г. Тормасова, М.Ю. Кудрина, А.С. Прокопенко, Н.В. Заборовского по тематике диссертационной работы;
- установлено совпадение авторских результатов анализа многопоточных алгоритмов на модельных задачах с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;
- использованы современные методы сбора информации о представлении программы, основанные на использовании общепризнанного промышленного оптимизирующего компилятора CLANG&LLVM.

Личный вклад соискателя состоит в разработке и теоретическом обосновании модернизации математической модели статического анализа на графе совместного исполнения потоков на промежуточном представлении программы, разработке новых оптимизаций по упрощению представления программы для статического анализа, программной реализации предложенной архитектуры системы поиска состояний гонок на промежуточном представлении для двух потоков, публикаций результатов исследований в рецензируемых научных журналах, а также личное участие в их апробации на научных конференциях.

На заседании 18 декабря 2014 г. диссертационный совет принял решение присудить Битнеру В.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 29 человек, из них 6 докторов наук (отдельно по каждой специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 35 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 29, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета Д 002.017.02,
академик РАН



Журавлев Ю.И.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 002.017.02,
д.ф.-м.н., профессор

Рязанов В.В.

19 декабря 2014 г.