

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.199.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ИНСТИТУТА
ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета 09.10.2018 г. № 2

О присуждении Пилипенко Артуру Витальевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и реализация механизмов сокращения размера Java-приложений для встраиваемых систем в закрытой модели» по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» принята к защите 12 июля 2018 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 002.199.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, 199178, Россия, Санкт-Петербург, 14 линия ВО, дом 39, утвержден приказом Рособнадзора номер 2472-618 от 8 октября 2010 года.

Соискатель Пилипенко Артур Витальевич, 1989 года рождения, в 2011 г. окончил Санкт-Петербургский государственный университет по специальности «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» (диплом № СА 05545), в настоящее время проходит обучение в очной аспирантуре в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», предполагаемая дата окончания 31 августа 2019 года. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов № 04-12-136, выдано 27.10.2017 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский

государственный университет». В настоящее время Пилипенко Артур Витальевич работает старшим инженером-программистом в компании ООО «Азул Системс».

Диссертация выполнена на кафедре информатики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент КИЯЕВ Владимир Ильич, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», доцент кафедры информатики.

Официальные оппоненты:

АВETИCЯH Арутюн Ишханович, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, профессор, Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН, директор;

КОРЗУН Дмитрий Жоржевич, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петрозаводский государственный университет» (ПетрГУ), доцент дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО), г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Шалыто Анатолием Абрамовичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Технологии программирования» Университета ИТМО, Корнеевым Георгием Александровичем, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры «Компьютерные технологии» Университета ИТМО и утвержденном Никифоровым Владимиром Олеговичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе Университета ИТМО, председателем Научно-технического совета Университета ИТМО, указала, что диссертационная работа Пилипенко Артура Витальевича является самостоятельной научно-квалификационной работой, обладает

внутренним единством, и раскрывает сформулированную автором цель исследования. Автором в диссертации сформулирована и решена важная научно-техническая задача по сокращению аппаратных требований Java-платформы для встраиваемых устройств при исполнении заданного набора приложений в закрытой модели. Полученные результаты имеют высокую значимость для решения как теоретических задач понижения избыточности при использовании отдельной инициализации, специализации набора инструкций, словарного сжатия, так и практических задач сокращения размера Java-приложений в закрытой модели. Результаты, полученные автором, достоверны, подтверждены экспериментально, на должном уровне прошли апробацию и внедрены в практику.

Содержание диссертационной работы в полной мере отражено в автореферате. Диссертационное исследование «Разработка и реализация механизмов сокращения размера Java-приложений для встраиваемых систем в закрытой модели» соответствует всем критериям, предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 (редакция от 28 августа 2017), а ее автор Артур Витальевич Пилипенко заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 7 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях 4 работы, из них опубликованных в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ – 3.

Основные научные результаты опубликованы в 7 научных трудах общим объемом 5,3 п.л., из которых 5 статей объемом 3,7 п.л., выполнены в соавторстве, а 2 статьи объемом 1,6 п.л. – лично. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Пилипенко А. В.** Обзор интерпретации и компиляции в виртуальных машинах / А. В. Пилипенко // Компьютерные инструменты в образовании. — 2012. — № 3. — С. 3—15.
2. **Пилипенко А. В.** Анализ достижимости методов при выборочной инициализации классов в программах на языке Java / А. В. Пилипенко, О. А. Плисс // Программная инженерия. — 2014. — № 8. — С. 3—8. *Личный вклад соискателя – 70%*

3. **Пилипенко А. В.** Понижение избыточности Java-программ при выборочной инициализации классов / А. В. Пилипенко, О. А. Плисс // Программная инженерия. — 2016. — Т. 7, № 8. — С. 339—350. *Личный вклад соискателя – 80%*
4. **Пилипенко А. В.** Оптимизация представления байт-кода JVM для встраиваемых систем / А. В. Пилипенко // Материалы научной конференции по проблемам информатики СПИСОК-2013. — 2013. — С. 104—106.
5. **Пилипенко А. В.** Анализ достижимости методов с помощью межпроцедурного анализа потока данных / А. В. Пилипенко, В. О. Сафонов // Материалы учебно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных Северо-Западного федерального округа "Технологии Microsoft в теории и практике программирования (Новые подходы к разработке программного обеспечения на примере технологий Microsoft и EMC)". — 2014. — С. 95—96. *Личный вклад соискателя – 50%*
6. **Пилипенко А. В.** Использование межпроцедурного анализа потока данных для понижения избыточности Java-программ / А. В. Пилипенко, В. И. Кияев // Сборник научных статей международной научно-практической конференции "Интеллектуальные и информационные технологии в формировании цифрового общества". — 2017. — С. 58—60. *Личный вклад соискателя – 50%*
7. **Пилипенко А. В.** Словарное сжатие байт-кода JVM с помощью специализации набора инструкций / А. В. Пилипенко, О. А. Плисс // Системное программирование. — 2013. — Т. 8. — С. 97—114. *Личный вклад соискателя – 75%*

Оригинальность содержания диссертации составляет не менее 96% от общего объёма текста; цитирование оформлено корректно; заимствованного материала, использованного в диссертации без ссылки на автора либо источник заимствования, не обнаружено; научных работ, выполненных соискателем учёной степени в соавторстве без ссылок на соавторов не выявлено. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют.

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов, все отзывы положительные:

- 1) Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова. Отзыв составил заведующий кафедрой математики, д.ф.-м.н., профессор Попов В. Н.

Замечания: Из содержания автореферата нельзя в полной мере оценить полноту и корректность предложенного метода анализа межъязыковых зависимостей между кодом на языках Java и C++.

2) Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Отзыв составил заведующий кафедрой физики и прикладной математики, д.ф.-м.н., профессор Аракелян С. М. Замечания: В работе утверждается, что предложенные алгоритмы были реализованы на практике, и приводятся результаты их экспериментальной оценки. Однако содержание автореферата оставляет открытым вопросы программной реализации предложенных алгоритмов. Отсутствие информации о деталях реализации не позволяет критически оценить результаты проведенных экспериментов.

3) Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" (ННГУ). Отзыв составил доцент кафедры электродинамики Радиофизического факультета Нижегородского государственного университета, заведующий Лабораторией физических основ и технологий беспроводной связи ННГУ, к.ф.-м.н., доцент Умнов А. Л. Замечания: Использование жадного итеративного алгоритма для выбора набора специализированных инструкций вызывает вопросы о скорости работы оптимизации. Экспериментальные данные о времени работы алгоритма на больших наборах классов могли бы снять эти вопросы. Предложенные автором алгоритмы представлены в автореферате с помощью громоздкого словесного описания. Такое описание затрудняет оценку корректности предложенных алгоритмов. Использование более формального описания, например, в виде схем или диаграмм, позволило бы описать их более компактно и упростить оценку корректности.

4) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный экономический университет. Отзыв составил заведующий кафедрой прикладной математики и экономико-математических методов, д.т.н., профессор Фридман Г. М. Замечания: В описании первой главы диссертации утверждается, что существующий подход к инициализации классов может нарушить поведение программы и привести к

увеличению ее размера. Для решения этой проблемы автор предлагает инициализировать классы во время анализа достижимости методов. При этом выбор данного конкретного технического решения не обосновывается. В автореферате приводятся результаты экспериментов и выводы по этим результатам, однако не приводится описание самих экспериментов.

5) ООО Эвосквайр. Отзыв составил программист, к.ф.-м.н., Полуянов С. В. Замечания: При описании предложенных алгоритмов автор делает допущения, основанные на особенностях реализации конкретной Java-платформы, для которой реализуются алгоритмы. Так, например, предполагается, что Java код не может быть вызван из native методов. В работе не приводится систематического обсуждения ограничений представленных решений, связанных с этими допущениями. Кроме того, на 5-ой странице автореферата в абзаце «Теоретическая и практическая значимость» допущена опечатка: «удалимости неиспользуемых *поля*» должно быть «удалимости неиспользуемых *полей*».

6) Федеральное государственное бюджетное учреждение «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». Отзыв составил стажер-исследователь, к.ф.-м.н., Ниязов Р. А. Замечания: Для выбора специализированных инструкций используется жадный итеративный алгоритм, который на каждом шаге выбирает шаблон, обеспечивающий наибольшее сокращение размера. Формула, предлагаемая для вычисления сокращения размера, предполагает, что все вхождения шаблона будут заменены на специализированную инструкцию, однако это не всегда возможно (разные вхождения шаблонов могут иметь общие инструкции). Такая неточность может привести к неоптимальному выбору набора специализированных инструкций.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что д.ф.-м.н., член корреспондент РАН, профессор Аветисян А. И. является известным ученым в области разработки компиляторов, анализа и эквивалентных преобразований программ; к.ф.-м.н., доцент, Корзун Д. Ж. – известный специалист в области встраиваемых систем; ведущая организация, Университет ИТМО, является известным как в России, так и за рубежом университетом занимающимся исследованиями в

области разработки программ и программных систем, языков программирования и систем программирования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработаны оригинальные методы и алгоритмы автоматической специализации Java-платформы для заданного набора приложений в закрытой модели, направленные на сокращение аппаратных требований платформы.

Предложены:

Новый алгоритм анализа Java-программ, определяющий достижимость методов Java-классов и осуществляющий выборочную инициализацию используемых классов. Алгоритм не инициализирует классы, которые не могут быть инициализированы в процессе работы приложения. Такой подход, в отличие от существующих, не нарушает поведения приложения и позволяет сократить размер инициализированного образа.

Новый алгоритм анализа Java-программ, определяющий удалимость полей Java-классов, позволяющий удалять инициализируемые, но неиспользуемые поля, не нарушая семантику финализации объектов, в отличие от описанных ранее алгоритмов, которые либо не позволяли удалять инициализируемые, но неиспользуемые поля, либо не учитывали, что удаление ссылочных полей может нарушить семантику финализации. Такой подход позволяет сократить количество полей в образе и размер образа, не нарушая поведения программы.

Оригинальный метод анализа программ, выявляющий межъязыковые зависимости между кодом на языках Java и C++ для алгоритмов понижения избыточности. Применение данного метода позволяет не описывать такие зависимости вручную.

Новый алгоритм сжатия Java байт-кода с помощью специализации набора инструкций, осуществляющий свертку и укорачивание аргументов совместно со сворачиванием последовательностей инструкций, в отличие от ранее описанных алгоритмов сжатия Java байт-кода, которые не используют данные оптимизации совместно. Совместное применение данных методов позволяет добиться более высокой степени сжатия.

Новый метод увеличения степени сжатия для алгоритмов словарного сжатия состоящий в предварительном упрощении исходного набора инструкций Java байт-кода. Получены экспериментальные результаты, показывающие эффективность такого преобразования для Java байт-кода.

доказана перспективность использования предложенных методов и алгоритмов специализации Java-платформы для сокращения аппаратных требований платформы для встраиваемых применений;

введены:

- новые методы анализа зависимостей для понижения избыточности Java-программ;
- новый критерий удалимости ссылочных полей Java-классов, позволяющий удалять инициализируемые, но неиспользуемые поля, не нарушая семантику финализации объектов;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны теоретические утверждения, составляющие основу процесса построения методов и алгоритмов специализации Java-платформы для заданного набора приложений в закрытой модели, направленных на сокращение аппаратных требований платформы;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)

использованы методы теории компиляторов, теории множеств и теории графов, теории алгоритмов и математической логики, а также методы разработки программного обеспечения;

изложены методологические и методические основы использования методов понижения избыточности и сжатия исполняемого кода для специализации Java-платформы для заданного набора приложений в закрытой модели;

раскрыты

проблемные аспекты применения имеющихся подходов в области понижения избыточности путем удаления неиспользуемых методов, полей и классов при анализе инициализированного состояния программы;

основные вопросы, связанные с сохранением семантики языка Java в области инициализации классов и финализации объектов при удалении неиспользуемых методов, полей и классов;

основные механизмы сокращения размера при специализации набора инструкций интерпретируемого исполняемого представления программы;

изучены существующие алгоритмы понижения избыточности программ и существующие алгоритмы сжатия бинарного кода, при этом отдельное внимание уделено рассмотрению вопросов их применимости для Java программ в закрытой модели при использовании отдельной инициализации;

проведена модернизация существующих алгоритмов понижения избыточности и сжатия байт-кода для языка Java.

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

разработаны и внедрены (указать степень внедрения) следующие результаты диссертационной работы:

- алгоритм анализа Java-программ, определяющий достижимость методов Java-классов и осуществляющий выборочную инициализацию используемых классов;
- алгоритм анализа Java-программ, определяющий удалимость полей Java-классов и применимый при отдельной инициализации;
- алгоритм анализа Java-программ, определяющий удалимость Java классов и применимый при отдельной инициализации;
- метод анализа программ, выявляющий межъязыковые зависимости между кодом на языках Java и C++ для алгоритмов понижения избыточности;

внедрены в виртуальной машине CLDC HI VM в коммерческом продукте Oracle Java ME Embedded компании ООО Оракл Девелопмент СПб (г. Санкт-Петербург);

- алгоритм анализа Java-программ, определяющий достижимость методов Java классов и осуществляющий выборочную инициализацию используемых классов;
- алгоритм анализа Java-программ, определяющий удалимость полей Java-классов и применимый при отдельной инициализации;

- метод анализа программ, выявляющий межъязыковые зависимости между кодом на языках Java и C++ для алгоритмов понижения избыточности;
- алгоритм эквивалентного преобразования Java-программы и интерпретатора, необходимого для ее выполнения, сокращающий их суммарный размер за счет специализации набора инструкций интерпретатора;

внедрены в научно-исследовательских работах, проводимых в Научно-исследовательском центре информационных технологий СПбГУ (г. Санкт-Петербург), направленных на разработку новых методов в реализации языков программирования;

определены возможности и перспективы практического использования полученных результатов диссертации при реализации Java-платформы и других высокоуровневых управляемых сред исполнения для ограниченных в ресурсах встраиваемых устройств;

создана система автоматической специализации реализации Java-платформы для заданного набора приложений в закрытой модели, сокращающая аппаратные требования специализированной версии платформы;

представлены предложения и направления для дальнейших научных исследований, в основу которых могут быть положены разработанные метод, алгоритмы и протоколы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ

достоверность полученных результатов подтверждена проведением всестороннего анализа работ по исследуемой проблеме, корректным применением научно-методического аппарата в виде использованных методов и теорий, апробацией основных результатов диссертации в печатных трудах и докладах на международных и всероссийских конференциях, успешными внедрениями результатов работы;

теория построена на известных принципах, проверенных данных и фактах с использованием современных известных и апробированных методов исследования, согласуется с опубликованными частными результатами других исследователей;

идея базируется на анализе работ отечественных и зарубежных исследователей в области анализа и эквивалентного преобразования программ;

использованы полученные характеристики для сравнения с данными, приведенными в современной научной литературе по анализу и эквивалентному преобразованию программ;

установлено качественное и количественное соответствие результатов решения задачи сокращения аппаратных требований Java-платформы при исполнении фиксированного набора приложений в закрытой модели. При этом подтверждено преимущество предложенного подхода перед результатами, полученными другими авторами.

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, методики вычислительного эксперимента для анализа эффективности реализованных алгоритмов.

Личный вклад соискателя состоит в:

- анализе современного состояния дел в области специализации Java-платформы для заданного набора приложений в закрытой модели;
- исследовании и классифицировании существующих методов и алгоритмов понижения избыточности и сжатия исполняемого кода;
- постановке задачи разработки алгоритмов понижения избыточности, применимых при использовании раздельной инициализации и алгоритмов сжатия Java-байт кода применимых для встраиваемых систем с ограниченными ресурсами;
- разработке алгоритма анализа Java-программ, определяющего достижимость методов Java-классов и осуществляющего выборочную инициализацию используемых классов;
- разработке алгоритма анализа Java-программ, определяющего удалимость полей Java-классов и применимого при раздельной инициализации;
- разработке алгоритма анализа Java-программ, определяющего удалимость Java классов и применимого при раздельной инициализации;
- разработке метода анализа программ, выявляющего межъязыковые зависимости между кодом на языках Java и C++ для алгоритмов понижения избыточности;

- разработке алгоритма эквивалентного преобразования Java-программы и интерпретатора, необходимого для ее выполнения, сокращающего их суммарный размер за счет специализации набора инструкций интерпретатора;
- создании программной реализации предложенных алгоритмов;
- экспериментальном исследовании характеристик полученной программной реализации;
- подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет считает, что Пилипенко А. В. в своей диссертационной работе решил научную задачу по сокращению аппаратных требований Java-платформы при исполнении заданного приложения в закрытой модели, имеющую важное социально-экономическое и хозяйственное значение.

На заседании 09.10.2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Пилипенко А. В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 20, против нет, недействительных бюллетеней 1.

Председатель,
доктор технич
член-корреспондент

Юсупов Рафаэль Мидхатович

Ученый секретарь,
кандидат технич
09.10.2018 г.

Зайцева Александра Алексеевна