

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Подымова Владислава Васильевича “Быстрые алгоритмы
проверки эквивалентности программ в моделях с полугрупповой
семантикой”, представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика

Диссертационная работа В.В. Подымова посвящена исследованию одной из **важных и актуальных** задач анализа и проверки правильности компьютерных программ: проблеме функциональной (поведенческой) эквивалентности моделей программ. Проверка эквивалентности программ может являться важной составной частью при решении таких актуальных задач программной инженерии как оптимизация кода программы, обфускация, поиск вредоносного кода, верификация программ.

Поскольку проблема функциональной эквивалентности программ алгоритмически неразрешима, на протяжении большого числа лет усилия исследователей были направлены на решение проблемы эквивалентности в рамках теории схем программ. Основы теории схем программ были заложены еще в работах А.А. Ляпунова и Ю.И. Янова. С тех пор в этой области были разработаны и исследованы различные модели программ и были получены фундаментальные результаты, относящиеся к эквивалентности моделей программ и смежным вопросам, таким как эквивалентные преобразования, минимизация, трансляция программ.

Отметим, что бóльшая часть известных результатов в теории схем программ формулируется в терминах разрешимости/неразрешимости. Однако для практических применений намного более важной является разработка решающих алгоритмов приемлемой вычислительной сложности.

Основными результатами диссертации В.В. Подымова являются как раз такие полиномиальные по времени алгоритмы, которые для краткости называются автором “быстрыми”. Быстрых алгоритмов, проверяющих эквивалентность программ, известно совсем немного, и в основном они относятся к структурно и семантически простым моделям. В работе В.В. Подымова рассмотрены модели последовательных и рекурсивных программ с нетривиальной семантикой, которая определяется алгебраическими соотношениями, характеризующими свойства операторов программы. Для некоторых таких моделей в диссертации разработаны полиномиальные алгоритмы проверки

эквивалентности. Таким образом, тема и результаты диссертации В.В. Подымова являются весьма актуальными.

Диссертационная работа состоит из восьми глав (введение и заключение оформлены как первая и последняя главы) и списка литературы.

Во введении обосновывается актуальность нахождения быстрых алгоритмов, проверяющих эквивалентность программ, содержательно формулируются решаемая задача и полученные результаты, а также приводится краткий обзор известных в теории схем программ моделей и результатов, относящихся к проверке эквивалентности.

В главе 2 приведены базовые понятия и обозначения, используемые автором в остальных главах.

В главе 3 даются определения рассматриваемых в диссертации двух моделей программ: последовательных программ и унарных рекурсивных программ. Определяются синтаксис, семантика и отношение эквивалентности на этих моделях и приводятся уже известные результаты об их свойствах.

В главе 4 формулируются основные результаты диссертации и приводится общее описание техники исследования программ – метода совместных вычислений, адаптированного автором для решения задач исследования. Метод совместных вычислений состоит в анализе одновременной работы программ в допустимых рассматриваемой семантикой интерпретациях и сведении проверки эквивалентности к исследованию графа совместных вычислений заданных программ. Основные идеи этого метода уже применялись ранее, в частности, в работах В.А. Захарова, однако применение этого метода к рассматриваемым в диссертации моделям программ потребовало разработки специальных понятий и формальных конструкций.

В следующих трех главах приводятся и обосновываются основные результаты диссертации.

В главе 5 излагается полиномиальный алгоритм проверки эквивалентности последовательных программ на шкалах с коммутативностью и подавлением. Для обоснования этого алгоритма в разделах 5.1-5.3 подробно исследуется структура моноидов, лежащих в основе таких шкал, а в разделе 5.4 определяется и исследуется граф совместных вычислений. Далее в разделе 5.5 вводится аппарат исследования этого графа, названный “эффектами подавлений”, и в разделах 5.6-5.7 с использованием этого аппарата

проводится дополнительный анализ графа совместных вычислений. Все это позволяет получить основной результат главы о полиномиальной разрешимости соответствующей проблемы эквивалентности (теорема 5.7.1).

В главе 6 описываются и обосновываются достаточные условия полиномиальной разрешимости проблемы эквивалентности линейных унарных рекурсивных программ на упорядоченных полугрупповых шкалах. В основе этих достаточных условий лежит понятие критериальной системы (раздел 6.1). В разделе 6.2 критериальная система используется для определения и исследования графа совместных вычислений. Затем проводится дополнительный анализ этого графа, позволяющий получить алгоритмы решения проблемы эквивалентности (раздел 6.3), а при выполнении дополнительных требований к критериальной системе – полиномиальные алгоритмы решения проблемы эквивалентности (раздел 6.4).

В главе 7 приводится полиномиальный алгоритм проверки сильной эквивалентности металинейных унарных рекурсивных программ. Сильная эквивалентность подразумевает рассмотрение довольно узкого класса семантик, что, однако, компенсируется трудностью исследования самой структуры программ. Для получения этого результата на основе вспомогательных понятий раздела 7.1 в разделе 7.2 описывается и исследуется граф совместных вычислений, и в разделах 7.3-7.4 доказываются полиномиальная разрешимость проблемы сильной эквивалентности металинейных унарных рекурсивных программ.

Отметим основные **новые** научные результаты, полученные в диссертации:

1. Алгоритм для решения проблемы эквивалентности пропозициональных последовательных моделей программ на упорядоченных шкалах с условиями коммутативности и подавления операторов с полиномиальной относительно размеров программ временной сложностью.
2. Достаточные условия разрешимости проблемы эквивалентности линейных унарных рекурсивных моделей программ с полиномиальной относительно размеров программ временной сложностью и соответствующий алгоритм проверки эквивалентности моделей программ, удовлетворяющих этим достаточным условиям.
3. Алгоритм для решения проблемы эквивалентности металинейных унарных

рекурсивных моделей программ на свободных шкалах с полиномиальной относительно размеров программ временной сложностью.

Таким образом, в диссертационной работе В.В. Подымова получены новые важные результаты в области проверки эквивалентности моделей программ. Выполненное исследование, безусловно, является существенным продвижением в развитии теории дискретных моделей программ. В то же время, в силу полиномиальной сложности разработанные алгоритмы представляют несомненный интерес для практики.

В качестве основного замечания к работе отметим определенную “сухость” изложения. В тексте практически нет содержательных пояснений используемых определений и техник, мало примеров и иллюстраций. Все это затрудняет чтение диссертации. Нет примеров, иллюстрирующих возможное применение разработанных алгоритмов, для решения практических задач. Такие примеры сделали бы эту диссертацию интересной для более широкого круга потенциальных читателей.

Более технические замечания:

1. В главе 2 приведено определение предела для неограниченно возрастающих последовательностей. В главах 5-7 понятие предела используется для произвольного случая.
2. В основном результате главы 6 предполагается наличие критериальной системы и приводятся несколько примеров таких систем, однако вопрос об общих методах построения критериальных систем не затрагивается.

Указанные недостатки не являются принципиальными и не умаляют достоинств диссертации.

В целом, на основании вышеизложенного можно сделать заключение, что диссертация В.В. Подымова “Быстрые алгоритмы проверки эквивалентности программ в моделях с полугрупповой семантикой” представляет собой законченную научно-исследовательскую работу в важном научном направлении – проверке эквивалентности моделей программ. Положения и выводы, сформулированные в диссертации, обоснованы и достоверны. Все изложенные результаты сопровождаются достоверными математическими доказательствами. Результаты диссертационной работы новы и

представляют значительный научный интерес. Опубликованные работы и автореферат достаточно полно и правильно отражают основное содержание диссертации.

Представленная диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым Положением о порядке присуждения ученых степеней к кандидатским диссертациям, соответствует профилю специальности 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика, а ее автор заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

профессор департамента программной инженерии
факультета компьютерных наук
федерального государственного автономного
учреждения высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»,
доктор физико-математических наук

И.А. Ломазова

04.03.2015

Адрес: 125319, г.Москва, Кочновский проезд, д.3
Телефон: +7(495)772-95-90*22500
e-mail: ilomazova@hse.ru

