

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мордвинова Дмитрия Александровича «Автоматический вывод реляционных инвариантов для нелинейных систем дизъюнктов Хорна с ограничениями», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

Задача формальной верификации программ является одной из важнейших задач теоретической информатики и системного программирования. Методы верификации постоянно эволюционируют: если пятнадцать лет назад инструменты верификации могли лишь проверять корректность формальных моделей программ, а программисты были вынуждены создавать эти формальные модели вручную, то сегодня существуют инструменты автоматического доказательства корректности программ. Развитие таких инструментов, во многом связано с появлением SMT-солверов, эффективно проверяющих выполнимость формул первого порядка в различных теориях. Тем не менее, важный элемент верификаторов, а именно, автоматизация доказательства по индукции, остаётся за гранью возможностей SMT-солверов. Для поддержки индуктивных рассуждений были разработаны надстройки над SMT-решателями, получающие на вход формулы первого порядка в форме дизъюнктов Хорна с ограничениями.

Исследование Д.А. Мордвинова находится на острие исследований в этой области. Стоит отдельно подчеркнуть, что работа посвящена методам и инструментам, которые появились всего около пяти лет назад и в настоящее время активно развиваются, поэтому тема исследования чрезвычайно актуальна.

Диссертация сосредоточена вокруг ситуации, когда система дизъюнктов Хорна выполнима, но это не может быть выведено решателем, вследствие того, что ни одна формула теории не может выразить модель системы дизъюнктов. Как утверждается в автореферате, на практике такое чаще всего происходит для систем особого вида, именуемых нелинейными системами дизъюнктов Хорна. Для решения этой проблемы в диссертации делается три последовательных шага, каждый из которых представляет собой законченный результат и обладает научной новизной.

Начальный шаг заключается в предъявлении способа преобразования системы дизъюнктов, сохраняющего её выполнимость, но позволяющего избавиться от нелинейности. Как можно понять из автореферата, основная идея состоит в том, чтобы заменить несколько атомарных формул в теле правила одной, тем самым линеаризуя это правило, а далее добавлять в систему новые правила, выбранные специальным образом. Эта идея на следующем шаге используется для построения нового класса решений системы дизъюнктов. Наконец, предложен алгоритм, который позволяет автоматически выводить такие решения для заданной системы дизъюнктов. Все эти результаты описаны в автореферате кратко, но с должной степенью формальности, и насколько можно судить из предоставленного материала, решают поставленные теоретические проблемы.

Анализ автореферата позволяет сделать вывод, что диссертация «Автоматический вывод реляционных инвариантов для нелинейных систем дизъюнктов Хорна с ограничениями», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 «Математическое и программное

обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» является оригинальным, обоснованным и завершённым исследованием, а ее содержание соответствует паспорту специальности 05.13.11. Результаты, полученные Дмитрием Александровичем Мордвиновым, характеризуются значительной научной новизной и вносят существенный вклад в теорию и практику системного программирования. Практическая ценность работы подтверждается ее внедрением в широко применяемый SMT-солвер Z3. Основные результаты диссертации были представлены на международных научных конференциях. По теме диссертационного исследования опубликовано семь печатных работ, две из которых в изданиях из перечня ВАК и 3 индексируются базами Scopus и Web of Science.

Автореферат содержит несколько опечаток, например, «синтаческие» на стр. 9, на стр. 16 встречается несогласованное предложение «сертификаты ... строятся, ... но является». В определении 6 дизъюнкт C выбирается 2 раза (... пусть для некоторого C ... Пусть C ...). Тем не менее, стоит отметить, что в целом автореферат написан понятным и грамотным языком.

Важным фактором является интеграция результатов диссертационного исследования в мировое научное сообщество. Результаты работы были представлены на ведущих международных конференциях, таких, как LPAR-2017, FMCAD-2019 и ESOOP-2019, и ряде российских. Важным практическим результатом диссертации является интеграция результатов в один из самых развитых SMT-солверов - Microsoft Z3, разрабатываемый в исследовательском подразделении Microsoft Research.

Таким образом, на основании вышеизложенного, считаю, что диссертация «Автоматический вывод реляционных инвариантов для нелинейных систем дизъюнктов Хорна с ограничениями» является законченной научно-исследовательской работой, соответствующей паспорту специальности 05.13.11, а ее автор, Дмитрий Александрович Мординов заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Директор Высшей школы интеллектуальных систем и суперкомпьютерных технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого  
К.т.н. по специальности 05.13.13

«Вычислительные машины, комплексы,  
системы и сети», доцент

Ицкисон Владимир Михайлович

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Тел: +7(921)930-48-26

