

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе

Нечесова Андрея Витальевича

«Полиномиальная вычислимость в семантическом программировании»,

представленной на соискание ученой степени кандидата

физико-математических наук по специальности 1.1.5

«Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика»

Понятие вычислимости является одним из основных, изучаемых и развиваемых математической логикой. Математической логикой было предложено несколько моделей вычислимости, представляющих не только значительный теоретический интерес, но и нашедших свое применение в компьютерных науках и практике, среди которых следует указать, прежде всего, процессную модель, где вычисление мыслится как процесс изменения состояния памяти (модель, лежащая в основе фон-Неймановской архитектуры) и аксиоматическую модель, согласно которой вычислимость задается как выводимость (модель, составляющая основу функционального и логического программирования). В конце 70-х годов академиками РАН Ю.Л. Ершовым, С.С.Гончаровым и д.ф.-м.н. Д.И. Свириденко была предложена еще одна модель вычислимости, базирующаяся на идее формульного определения вычислимости с помощью термов и формул языка логики предикатов первого порядка и составившая основу теории семантического программирования. Здесь следует отметить, что идеи семантического программирования носят не только методологический и теоретический характер, но и нашли свое практическое воплощение в ряде технологических платформ семантического моделирования (ESDP/d0sl, B-system/Libretto, Discovery), в рамках и средствами которых был решен целый ряд сложных задач из различных областей, в том числе и задач искусственного интеллекта.

Диссертационная работа А.В. Нечесова продолжает теоретические исследования в области семантического программирования. Они касаются, главным образом, вопросов оценки сложности вычислений, задаваемых формулами специального вида и осуществляемых в рамках многосортных конструктивных моделей, обогащенных наследственно-конечными списками. При этом, основное внимание в диссертации уделяется оценке полиномиальной сложности вычислений, что представляет не только теоретический, но очевидный практический интерес. Следует отметить, что в ряде предшествующих работ по семантическому программированию С.С.Гончаровым, Д.И. Свириденко, Д.К. Пономаревым и С.С. Оспичевым уже затрагивался и даже частично решался вопрос построения логического языка формульного описания полиномиальных конструкций, но оставался открытым важный вопрос его полиномиальной полноты. Диссертант нашел положительное решение проблемы построения фрагмента логического языка исчисления предикатов, описывающего в точности класс полиномиально вычисляемых алгоритмов, что, по мнению оппонента, является главным результатом из результатов, представленных в диссертации, хотя в диссертации ставятся и решаются также и другие важные и интересные задачи, в том числе, решение задачи доказательства полиномиального аналога классической теоремы Ганди о наименьшей неподвижной точке, а также задачи построения логических методов оценки полиномиальной сложности различных конструкций, имеющих как синтаксическую, так и семантическую природу.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы. Она изложена на 80 страницах, библиография содержит 41 наименование.

Во Введении приводятся постановки проблем, аргументирующих актуальность темы диссертационного исследования, формулируется цель исследований и описывается степень ее проработанности. Также во Введении представлены основные результаты диссертации и методы, применяемые в исследовании, приводится краткое описание содержания диссертации.

В первой главе даются основные определения и формулируются вспомогательные утверждения по построению языков семантического программирования с помощью термальных расширений. Показывается, что вычислительная сложность семантических программ, построенных средствами этих языков, не превосходит полиномиальную. Вводится понятие r -итерационного терма, позволяющее построить язык L как термальное расширение исходного языка. И, наконец, в первой главе приводится доказательство основного результата диссертации, постулирующего равенство классов полиномиально вычислимых программ и L -программ. Этот результат был получен диссертантом в соавторстве с С.С. Гончаровым. Отличительными чертами (и в некотором смысле даже преимуществами, имеющими важные практические последствия) данного первого r -полного языка программирования L в сравнении с Тьюринг-полными языками является то, что, во-первых, в нем не существует проблемы остановки, и, во-вторых, L -программа исполняется за время, не превосходящее полинома от длины входных данных.

Вторая глава посвящена одному очень интересному и важному результату диссертации, связанному с полиномиальным аналогом теоремы Ганди. Предваряет формулировке и доказательству полиномиальной версии теоремы Ганди ряд вспомогательных определений и утверждений. И только затем приводится точная формулировка и доказываемся полиномиальный аналог теоремы Ганди с r -вычислимыми начальными условиями. Этот исключительно важный результат позволяет (совместно с основным результатом первой главы) решать многие задачи, связанные с доказательством полиномиальной сложности функций и множеств различной природы, в частности, задаваемых индуктивно. Результат получен в соавторстве с С.С. Гончаровым.

Третья глава посвящена доказательству важных результатов, касающихся полиномиально вычислимого представления различных конструкций. Так, например, доказываемся, что множества термов и формул языка логики предикатов первого порядка, а также множества L -программ и L -формул обладают полиномиально вычислимым представлением. Доказываемся существование полиномиально вычислимого представления для множества доказательств логики предикатов первого порядка. И, наконец, доказываемся теорема о существовании полиномиально вычислимого представления для множества выводов в порождающих грамматиках. Все результаты третьей главы получены автором диссертации самостоятельно. Следует отметить, что эти результаты имеют не только теоретическое, но и существенное практическое значение.

Четвертая глава посвящена описанию оригинального r -полного объектно-ориентированного языка семантического программирования L^* , базирующегося на r -полном языке L первой главы. Стоится операционная семантика этого языка в терминах специальной виртуальной машины, функционирование которой моделируется подходящим r -итерационным термом. Этот результат получен в соавторстве с С.С. Гончаровым. Следует

отметить, что представленное в главе описание синтаксиса и семантики языка L^* позволяет реально ставить вопрос о его практическом воплощении.

Диссертационная работа хорошо структурирована и написана грамотным математическим языком. Результаты диссертации являются новыми, многие из них получены автором самостоятельно и представляют несомненный как научный, так и практический интерес. А.В.Нечесов детально освоил теорию семантического программирования, хорошо владеет теорией вычислимости и техникой теории конструктивных моделей. Представленная им диссертация показывает его высокую квалификацию как специалиста в области математической логики и свидетельствует о способности автора к самостоятельной научной работе. Результаты диссертации могут быть использованы в спецкурсах по логике, информатике и искусственному интеллекту, читаемых в НГУ, НГТУ, СибГУТИ и других высших учебных заведениях. Они могут быть полезны специалистам не только в научно-исследовательских институтах, но и в ИТ-организациях, поскольку несомненно имеют существенное теоретическое и практическое значение. Основные научные результаты своевременно опубликованы в ведущих математических журналах, в том числе и в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Результаты также были представлены на целом ряде международных конференций.

Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертационной работы.

Серьезных замечаний к тексту и оформлению диссертации у оппонента нет. Можно отметить лишь следующие незначительные недостатки, не снижающие общее положительное впечатление. Так, например, во Введении формулируется важная проблема черного ящика в искусственном интеллекте (Проблема 2), необходимость решения которой, по мнению диссертанта, придает особую актуальность исследованиям. И если к обоснованию возможности с использованием результатов диссертации удовлетворительного решения других проблем, указанных во Введении, претензий нет, то что касается Проблемы 2, оппонент так и не нашел развернутого и цельного обоснования (кроме последнего небольшого абзаца Введения на стр. 8, замечания на стр.10 относительно возможности использования построенного диссертантом языка в алгоритмах объяснительного искусственного интеллекта и последнего краткого абзаца на стр.75 Заключения) того, как представленные в диссертации результаты помогают удовлетворительно решать данную проблему. Незначительным недостатком можно также считать и то обстоятельство, что основные результаты, указанные во Введении (Раздел 0.2), сформулированы в достаточно общих и как бы понятных терминах, в то время как точные формулировки соответствующих этим результатам теорем оказываются включают в себя авторские определения и специальные обозначения. Можно также отметить и недостатки, имеющие чисто синтаксический характер (опечатки, запятые и т.п.). Однако приведенные замечания не являются существенными и не снижают значимости полученных результатов.

Считаю, что диссертация А.В. Нечесова соответствует всем критериям, установленным в положении о присуждении ученых степеней: работа посвящена актуальной теме, полученные в ней результаты являются новыми, составляют цельное научное исследование, полностью и правильно обоснованы, своевременно и в полном объеме опубликованы в научных изданиях. Полученные результаты, разработанные техники и методы, предложенные автором, могут быть использованы в дальнейших исследованиях, связанных с этой тематикой, а также в области теоретического программирования, теории вычислимости и теории алгоритмов. Более того, в рамках данной работы указаны контуры r -полного объектно-ориентированного логического языка семантического программирования, который при его реализации несомненно найдет свое применение в различных ИТ-

направлениях, таких как робототехника, объяснительный искусственный интеллект, мультиагентные системы, интеллектуальные двойники, умные города, умные контракты и т.д.

В целом я считаю, что диссертационная работа Нечесова Андрея Витальевича «Полиномиальная вычислимость в семантическом программировании» представляет собой законченное научное исследование на актуальную тему и отвечает всем требованиям Положения ВАК, установленным для присуждения ученых степеней, а ее автор, А.В.Нечесов, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.5 -- «Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика».

Автор отзыва -- Дмитрий Иванович Свириденко, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры систем автоматизированного проектирования (САПР) института телекоммуникаций Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций» (СибГУТИ)

Домашний адрес 630090, Новосибирск, ул. Морской проспект 36, кв. 2.

Телефон: +7 (961) 875-18-08.

Электронная почта: dsviridenko47@gmail.com

10 марта 2023 года

доктор физико-математических наук,
Д.И.Свириденко
доцент, профессор СибГУТИ

Подпись Д.И. Свириденко заверяю: