

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.268.05,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22 сентября 2022 г. № 17

О присуждении Кручинину Дмитрию Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методы, алгоритмы и программное обеспечение на основе производящих функций многих переменных для комплексного исследования информационных объектов» по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики», принята к защите 20 июня 2022 г. (протокол №5) диссертационным советом Д 212.268.05 на базе ТУСУРа (634050, г. Томск, пр. Ленина, 40). Приказ о создании диссертационного совета № 1236/нк от 12.10.2015 г.

Соискатель Кручинин Дмитрий Владимирович, 1989 года рождения, в 2016 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.01 – «Вещественный, комплексный и функциональный анализ» на тему «Метод получения явных выражений полиномов на основе степеней производящих функций» в диссертационном совете, созданном на базе Сибирского федерального университета и Института вычислительного моделирования РАН (г. Красноярск). С 2020 года имеет ученое звание доцента.

В настоящее время работает доцентом кафедры компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП) факультета вычислительных систем ТУСУРа.

Диссертация выполнена на кафедре КСУП ТУСУРа.

Научный консультант — доктор технических наук доцент Рулевский Виктор Михайлович, ректор ТУСУРа, профессор каф. КСУП ТУСУРа.

Официальные оппоненты: Костюк Юрий Леонидович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теоретических основ информатики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»; Павский Валерий Алексеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общей математики и информатики ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»; Рябко Борис Яковлевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, и.о. заведующего лабораторией информационных систем и защиты информации ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» (г. Новосибирск), дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», в своем положительном заключении, рассмотренном на заседании кафедры теоретической и прикладной информатики, подписанном профессором кафедры теоретической и прикладной информатики, д.т.н. профессором Лемешко Б.Ю. и профессором кафедры автоматизации, д.т.н. профессором Воеводой А.А. (протокол №8 от 31.08.2022 г.) и утвержденном проректором по научной работе д.т.н. доцентом Бровановым С.В., указала, что диссертационная работа Кручинина Дмитрия Владимировича на соискание ученой степени доктора технических наук является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне и посвященной актуальному направлению развития методов преобразования информации в данные и знания, представленные в работе исследования обладают научной новизной и достоверностью, все полученные выводы научно обоснованы, основные положения диссертационной работы достаточно полно освещены в научных публикациях автора, что соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

Соискатель имеет 107 опубликованных работ по теме диссертации. Основные результаты диссертационного исследования обобщены в 4 монографиях и опубликованы в 43 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых

для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. При этом 12 статей опубликовано в рецензируемых журналах из перечня ВАК, 31 статья опубликована в зарубежных научных изданиях, в том числе 27 в индексируемых Web of Science и/или Scopus (из них 11 статей в журналах, входящих в первый и второй квартили Web of Science и/или Scopus). Результаты исследований представлены также в виде 60 публикаций в тезисах и материалах научных конференций. Общий объем — 46,81 п.л., авторский вклад — 31,24 п.л.

Наиболее значимые работы:

1. Кручинин В.В. Степени производящих функций и их применение / В.В. Кручинин, Д.В. Кручинин. – Томск: Издательство ТУСУРа, 2013. – 236 с.

2. Кручинин Д.В. База знаний коэффициентов k -степени производящих функций двух переменных / Д.В. Кручинин // Доклады ТУСУРа. – 2021. – Т. 24, №4. – С. 85-89.

3. Кручинин Д.В. Модификация метода построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе применения производящих функций многих переменных и приближенных вычислений / Д.В. Кручинин // Доклады ТУСУРа. – 2022. – Т. 25, №1. – С. 55-60.

4. Кручинин Д.В. Методика использования базы знаний производящих функций двух переменных / Д.В. Кручинин // Системы анализа и обработки данных. – 2022. – Т. 85, №1. – С. 121-139.

5. Kruchinin D.V. On some properties of generalized Narayana numbers / D.V. Kruchinin, V.V. Kruchinin, Y.V. Shablya // Quaestiones Mathematicae. – 2021.

6. Explicit formulas for enumeration of lattice paths: Basketball and the kernel method / C. Banderier, C. Krattenthaler, A. Krinik, D. Kruchinin, V. Kruchinin, D. Nguyen, M. Wallner // Lattice Path Combinatorics and Applications. – Springer, 2019. – P. 78-118.

На диссертацию и автореферат поступило 9 положительных отзывов из следующих организаций: 1) Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Новосибирск (Фионов А.Н., доктор технических наук, про-

фессор, профессор кафедры прикладной математики и кибернетики); 2) Томский государственный педагогический университет (Газизов Т.Т., доктор технических наук, доцент, начальник управления по развитию информационных систем и электронного документооборота); 3) Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск (Алексеев В.И., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры цифровых технологий); 4) Юго-Западный государственный университет, г. Курск (Титов В.С., доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры вычислительной техники); 5) Национальный исследовательский Томский государственный университет (Тимченко С.В., доктор физико-математических наук, профессор кафедры математической физики); 6) Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва (Крук Е.А., доктор технических наук, профессор, исполняющий обязанности директора Московского института электроники и математики им. А.Н. Тихонова); 7) Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Ким В.Л., доктор технических наук, профессор, профессор отделения информационных технологий); 8) АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнева», г. Железногорск (Охоткин К.Г., доктор физико-математических наук, доцент, заместитель генерального директора по науке); 9) Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, г. Москва (Коргин Н.А., доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник).

В отзывах на диссертацию и автореферат указаны следующие основные замечания: не рассмотрены приближенные методы для определения явных выражений производящих функций многих переменных; для рациональной производящей функции n переменных представлен метод получения коэффициентов самой функции, а не ее степени; нет сравнения предложенной модификации метода построения алгоритмов комбинаторной генерации с известными методами; не рассматривается процесс последовательной генерации и распараллеливания разработанных алгоритмов; недостаточно полно описана связь между производящей функцией и алгоритмами комбинаторной генерации; не явно описаны ограничения

предлагаемой модификации метода построения алгоритмов комбинаторной генерации; не исследованы методы построения алгоритмов генерации для комбинаторных множеств, заданных экспоненциальными производящими функциями; для некоторых видов кортежей, например, содержащих некоторую древовидную структуру, возможно эффективное применение кодирования на основе разработанных методов, однако в диссертации это не отражено; не разработаны методы поиска комбинаторных объектов на основе некоторого поддерева дерева И/ИЛИ, описывающего данное комбинаторное множество; отсутствуют оценки масштаба потенциального применения предложенного модифицированного метода построения алгоритмов комбинаторной генерации; не выполнена оценка пространственной сложности алгоритмов; не понятна возможность успешной реализации шага 2 и необходимость шага 3 в модифицированном методе построения алгоритмов комбинаторной генерации; не описаны классы и разновидности производящих функций, отраженных в базе знаний; в базе знаний алгоритмы поиска описаны не достаточно; не описан механизм верификации введенной сторонним пользователем новой информации в разработанную базу знаний; не приведены детали интегрируемости разработанного обеспечения с современными системами компьютерной алгебры; не обоснован выбор системы компьютерной алгебры Maxima в качестве основной системы для реализации библиотек и выбор рассматриваемых комбинаторных множеств, для которых построены алгоритмы комбинаторной генерации.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что: оппонент д.т.н., профессор Костюк Ю.Л. является признанным специалистом в области теории формальных языков и теории кодирования, исследования которого связаны с разработкой моделей представления информационных объектов, алгоритмов их контроля и соответствующего программного обеспечения, и имеет профильные научные публикации; оппонент д.т.н. профессор Павский В.А. является квалифицированным специалистом в области создания математических моделей, основанных на применении производящих функций, для вычислительных и информационных систем, что подтверждается соответствующими публикациями; оп-

понент д.т.н. профессор Рябко Б.Я. является известным специалистом в области исследования методов и разработки средств кодирования информации в виде данных, что подтверждается соответствующими публикациями.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что Новосибирский государственный технический университет имеет высококвалифицированных специалистов в области исследования дискретных структур, разработки методов и алгоритмов кодирования и генерации комбинаторных объектов, разработки методов и алгоритмов оптимизации решения комбинаторных задач. Они имеют значительный объем публикаций по тематике диссертации в ведущих изданиях и способны определить и аргументировано обосновать научную и практическую ценность диссертационной работы Кручинина Д.В.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны:

– новая научная идея для формирования информационных объектов, основанная на использовании коэффициентов k -й степени производящих функций, позволившая расширить границы применимости метода построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе деревьев И/ИЛИ;

– новый метод построения алгоритмов комбинаторной генерации, применение которого позволило получить новые алгоритмы ранжирования и генерации по рангу для множества информационных объектов, обладающие меньшей вычислительной сложностью: так вычислительная сложность алгоритма генерации сочетаний элементов уменьшилась с $O(n^3)$ до $O(n^2)$; вычислительная сложность алгоритма генерации самонепересекающихся решеточных путей уменьшилась с $O(n^2)$ до $O(n \log_2 n)$.

предложены:

– оригинальный подход к созданию базы знаний производящих функций двух переменных и ее реализация в виде электронной энциклопедии, обеспечивающей автоматизированный поиск и манипулирование матричными представлениями соответствующих функций;

– оригинальный подход к созданию программных систем компьютерной алгебры и систем тестирования, отличающийся применением коэффициентов степеней производящих функций, представленных в явном или матричном виде.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны теоремы для правил сложения, умножения, композиции и обращения производящих функций многих переменных, что расширяет область применения теории производящих функций для информационных объектов, описываемых несколькими параметрами;

применительно к проблематике диссертации эффективно использован разработанный математический аппарат теории производящих функций для получения явных выражений функций мощности комбинаторных множеств, определяемых производящими функциями многих переменных;

изложены теоретические положения для создания новых информационных технологий в рамках решения задачи индексации информационных объектов;

проведена модернизация метода построения алгоритмов комбинаторной генерации за счет применения приближенных вычислений и двоичного поиска для определения выбранного сына ИЛИ-узла для задач генерации информационных объектов и применения предложенного комплексного метода для задач поиска функций мощности, которая дала возможность строить алгоритмы комбинаторной генерации с меньшей вычислительной сложностью, в том числе для более сложных информационных объектов, описываемых производящими функциями многих переменных.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные алгоритмы и программное обеспечение внедрены в деятельность «НИИ АЭМ ТУСУР» и в деятельность АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» для решения практической задачи формирования выходных характеристик имитаторов энергопреобразующей аппаратуры, в деятельность ООО «ПлантаПлюс» для решения практической задачи улучшения информационной системы хранения и обработки экспериментальных данных, в деятельность ООО «Эль Контент» для решения

практической задачи тестирования разработанного программного обеспечения систем обучения, в учебный процесс НИ ТПУ при обучении студентов по направлениям подготовки «Информатика и вычислительная техника» и «Информационные системы и технологии», в учебный процесс ФГБОУ ВО «ТУСУР» при обучении студентов по направлениям подготовки «Информатика и вычислительная техника» и «Управление в технических системах»;

создано программное обеспечение в виде библиотек для систем компьютерной алгебры Maxima и Mathematica, которое дает возможность решать задачи, отсутствующие в перечне стандартных функций математических пакетов, и ускоряет процесс вычислений при работе с производящими функциями;

определены перспективы использования разработанного в рамках диссертационной работы программного обеспечения на основе алгоритмов комбинаторной генерации для формирования входных последовательностей для тестирования сложных информационных объектов и программных систем;

представлена методика использования созданной базы знаний и ее реализации в виде электронной энциклопедии, что расширяет возможности проведения исследований, связанных с формированием информационных объектов на основе применения производящих функций.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на известных, проверяемых данных и фактах теории производящих функций, теории множеств и комбинаторной генерации и согласуется с опубликованными данными по тематике диссертации;

идея базируется на обобщении передового опыта исследователей в области разработки методов построения алгоритмов комбинаторной генерации и применения математического аппарата теории производящих функций для формирования информационных объектов;

установлено качественное совпадение полученных соискателем результатов с литературными данными, опубликованными в независимых источниках.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании целей и задач исследования, в разработке комплексного метода формирования информационных

объектов, основанного на k -й степени производящих функций, в модификации метода построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе деревьев И/ИЛИ и разработке алгоритмов комбинаторной генерации, в создании базы знаний производящих функций двух переменных, в непосредственном участии в разработке программного обеспечения, во внедрении результатов, в подготовке публикаций по результатам работы. Все результаты, составляющие научную основу диссертации и выносимые на защиту, получены автором лично.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: не раскрыта природа возникновения ошибок определения значения параметра k и их минимизации в вычислительном эксперименте для полученного алгоритма генерации по рангу для комбинаторного множества сочетаний из n по m в лексикографическом порядке; не описаны ограничения предлагаемой модификации метода построения алгоритмов комбинаторной генерации, в том числе ограничения на глубину дерева И/ИЛИ; недостаточно полно описана связь между производящей функцией и алгоритмами комбинаторной генерации; полученные алгоритмы сравниваются по вычислительной сложности и не приводятся приблизительные оценки пространственной сложности.

Соискатель Кручинин Д.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию: под ошибкой понимается количество дополнительных шагов, необходимых для достижения верного значения параметра k и, как следствие, определение верной стартовой ветви дерева И/ИЛИ. В приведенном эксперименте в некоторых случаях количество ошибок достигало 7. Поскольку количество ветвей зависит от размерности n , границы которой определены на интервале от 320 до $4 \cdot 10^{20}$, то для определения вычислительной сложности оно не значимо. Для уменьшения количества ошибок предложенная функция поиска параметра k была расширена для маленьких значений m (от 1 до 20) за счет уточнения формулы для таких значений. С точки зрения области применения данного алгоритма, показано, что он оптимально работает при n значительно больших m , поскольку перестает существовать зависимость вычислительной сложности от параметра n . Основным ограничением

в модифицированном методе построения алгоритмов комбинаторной генерации есть требование к принадлежности функции мощности к определенной алгебре, для глубины дерева И/ИЛИ ограничений нет. Связь между производящей функцией и алгоритмами комбинаторной генерации рассматривалась только с точки зрения описания функции мощности. В существующих алгоритмах используется вычислительная сложность, поэтому для сравнения и оценки алгоритмов использовалась именно вычислительная сложность. Так, например, для полученного алгоритма генерации по рангу для комбинаторного множества сочетаний из n по m в лексикографическом порядке вычислительная сложность уменьшилась с $O(m^2(n - m))$ для оригинального алгоритма, до вычислительной сложности $O(m^2)$ для предложенной модификации.

На заседании 22 сентября 2022 г. диссертационный совет принял следующее заключение: за решение научной проблемы развития методов преобразования информации в данные и знания, применяющих аппарат теории производящих функций многих переменных, вносящее значительный вклад в развитие отрасли информационных технологий, присудить Кручинину Дмитрию Владимировичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за — 13, против — 0, недействительных бюллетеней — 0.


Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

23 сентября 2022 г.



 Ходашинский Илья Александрович

 Костюченко Евгений Юрьевич