

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Кручинина Дмитрия Владимировича «Методы, алгоритмы и программное обеспечение на основе производящих функций многих переменных для комплексного исследования информационных объектов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики»

Актуальность темы диссертации

Направление научных исследований, посвященное изучению алгоритмов комбинаторной генерации и реализации их в прикладном программном обеспечении, находится на стыке перечислительной комбинаторики, информатики и программирования. Это направление носит универсальный характер, поскольку алгоритмы генерации используются в различных предметных областях: таких как решение переборных задач, оптимизация, тестирование, кодирование и декодирование и т.д. Методы, используемые для построения алгоритмов комбинаторной генерации, существенно зависят от вида порождаемого объекта. Относительно недавно появился метод построения алгоритмов генерации, основанный на использовании деревьев И/ИЛИ, позволяющий получать алгоритмы для множеств, мощность которых задана в виде выражения алгебры $\{N, +, \times, R\}$. Однако при использовании этого метода можно натолкнуться на ряд трудностей: отсутствие явной или рекуррентной формулы для мощности множества представленной алгебры (особенно это касается комбинаторных множеств, описываемых производящими функциями многих переменных); высокая алгоритмическая сложность алгоритма генерации при большом числе сыновей ИЛИ-узлов в рекурсивной композиции деревьев И/ИЛИ. Таким образом, тема диссертации Кручинина Дмитрия Владимировича «Методы, алгоритмы и программное обеспечение на основе производящих функций многих переменных для комплексного исследования информационных объектов», посвященная развитию методов создания алгоритмов комбинаторной генерации, их использованию при построении алгоритмов генерации для различных комбинаторных множеств и их реализации в инструментальном программном комплексе, является актуальной.

Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы и приложений.

Во введении обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках диссертационной работы, формулируется цель и задачи, решению которых посвящена работа.

В первой главе представлен обзор по производящим функциям, показано, что производящие функции являются мощным инструментом описания дискретных структур. Выявлены проблемы использования производящих функций многих переменных для определения явного и рекуррентного выражений их коэффициентов.

Вторая глава посвящена развитию методологии определения явных выражений коэффициентов производящих функций многих переменных, которая основана на определении коэффициентов степеней производящих функций многих

переменных. Получены конкретные методы определения коэффициентов производящих функций многих переменных, в том числе для следующих операций: композиция, сложение, умножение, обращение. Отдельно записан новый метод нахождения коэффициентов для рациональных производящих функций многих переменных. Приводятся методы нахождения производящих функций для диагональных элементов в многомерных матрицах, представляющие коэффициенты степени производящих функций многих переменных.

В третьей главе представлено развитие метода построения алгоритмов комбинаторной генерации, основанного на деревьях И/ИЛИ и построение конкретных алгоритмов комбинаторной генерации для следующих множеств: множество последовательностей вариантов ответа на тест с вопросами закрытого типа; множество исходов турнира на выбывание; множество частей круга, полученных при его разрезе прямыми линиями; множество правильных скобочных последовательностей, разряженных нулями; множество разбиений множества и др.

Четвертая глава посвящена разработке базы знаний для степеней производящих функций двух переменных. Построение базы знаний связано с необходимостью применения операций композиции, обращения и др. В работе описаны две реализации базы знаний: в системе компьютерной алгебры Maxima и онлайн версия, реализованная на языке программирования Python.

Пятая глава посвящена разработке методов построения критериев простоты натурального числа на основе использования композиции обыкновенных и экспоненциальных производящих функций, получено большое число таких критериев. Приведены экспериментальные исследования их использования. Разработано программное обеспечение в виде пакета прикладных программ.

В шестой главе описан программный комплекс, основанный на применении коэффициентов степеней производящих функций многих переменных, а также методов и алгоритмов комбинаторной генерации. Получена библиотека функций для вычисления специальных полиномов. Показано применение данного программного обеспечения для целей исследования, обучения и тестирования сложных программно-аппаратных комплексов.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Среди результатов, обладающих **научной новизной**, отмечу следующее:

Выполнено детальное исследование методов преобразования информации в данные и знания, основанное на применении теории производящих функций.

Разработан комплексный метод определения явных выражений коэффициентов степеней производящих функций многих переменных, включающий операции композиции, сложения, умножения и обращения, который расширяет использование производящих функций для описания сложных информационных объектов.

Развит метод построения алгоритмов комбинаторной генерации, основанный на использовании деревьев И/ИЛИ, за счет развития аппарата производящих функций многих переменных и улучшения вычислительной сложности алгоритмов на основе использования приближенных вычислений или улучшенного поиска сыновей в ИЛИ-узле дерева.

Предложенное улучшение позволило получить новые алгоритмы комбинаторной генерации для следующих комбинаторных множеств: множество

сочетаний из n по m с применением лексикографического порядка; множество самонепересекающихся решеточных путей на плоскости; множество помеченных путей Дика длины $2n$ с m подъемами на возвратных шагах; множество путей Дика с пиками; множество последовательностей вариантов ответа на тест с вопросами закрытого типа; множество исходов турнира на выбывание; множество частей круга, полученных при его разрезе прямыми линиями; множество правильных скобочных последовательностей, разряженных нулями; множество разбиений множества.

Создана база знаний производящих функций двух переменных, основанная на фреймовой модели. Наличие такой базы знаний обеспечивает автоматизацию операций над производящими функциями в системах компьютерной алгебры, а также служит развитию математических баз знаний, таких как онлайн-энциклопедия целочисленных последовательностей и др. Принципы, заложенные в данную базу знаний, позволяют расширить ее применение на коэффициенты степеней производящих функций трех и более переменных. В настоящее время база знаний содержит описания более 1500 производящих функций, явные формулы для коэффициентов степеней производящих функций, их свойства и связи с другими производящими функциями (инверсия, реверсия, обращение) и со статьями онлайн энциклопедии целочисленных последовательностей.

Предложен соответствующий подход к созданию программных систем компьютерной алгебры и систем тестирования на основе применения коэффициентов степеней производящих функций.

Практическая и научная значимость полученных в диссертации результатов заключается в следующем:

С использованием теории производящих функций многих переменных разработаны научные основы новых методов и программного обеспечения, ускоряющего процесс формирования входных последовательностей для тестирования сложных информационных и программных объектов.

Результаты проведенных исследований важны для дальнейшего развития современных систем компьютерной алгебры за счет расширения функционала по работе с производящими функциями.

Созданная база знаний имеет важное научное значение для развития методов тестирования модулей программных систем компьютерной алгебры, а также может стать важным источником описания разнообразных комбинаторных множеств.

Материал, изложенный в диссертации, может быть использован для решения широкого круга задач науки и практики.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов подтверждены применением методов оперирования производящими функциями одной переменной, сравнительным анализом с существующими решениями, а также внедрением в практику.

Замечания по диссертационной работе

1. В третьей главе отсутствуют исследования, посвященные параллельным алгоритмам комбинаторной генерации, хотя возможность распараллеливания может дать значимый эффект для увеличения быстродействия алгоритмов.

2. В диссертации не рассмотрены алгоритмы поиска в представленной базе знаний.

3. Остается не ясным, с числами какой размерности могут работать описанные в пятой главе алгоритмы проверки простоты числа. Кроме того, не исследована трудоёмкость этих алгоритмов.

4. Остается не ясным вопрос интегрируемости разработанного программного обеспечения с современными системами компьютерной алгебры.

Приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

В целом, диссертационная работа Кручинина Д.В. выполнена на высоком научном уровне и содержит решение крупной научно-технической задачи, состоящей в развитии методов преобразования информации в данные и знания. Диссертация представляет собой законченное исследование. Результаты работы достаточно полно представлены в публикациях автора. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.


Таким образом, диссертация Кручинина Дмитрия Владимировича удовлетворяет всем требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

Официальный оппонент,
д.т.н., профессор,
профессор кафедры теоретических основ информатики
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский государственный университет»
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, тел.: +7 (3822) 529-585
e-mail: kostyuk.yu48@mail.ru

«30» августа 2022 г.

 Костюк Юрий Леонидович

Подпись Костюка Юрия Леонидовича заверяю

СПЕЦИАЛИСТ ПО КАДРАМ
1 КАТ. ОТДЕЛА КАДРОВ
О.В. ЧЕШОКОВА
 30.08.2022

