

## 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

В настоящее время вопросам разработки математического, алгоритмического и программного обеспечения для задач организации эффективных систем хранения, передачи и обработки данных уделяется повышенное внимание, что подтверждается принятыми программами развития по данному направлению на уровне Правительства Российской Федерации. Диссертационная работа Кручинина Д.В. посвящена решению важной научно-технической задачи развития методов преобразования информации в данные и знания, применяющих аппарат производящих функций многих переменных, что соответствует стратегии научно-технологического развития Российской Федерации «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта».

Основная идея диссертации заключается в создании новых подходов формирования информационных объектов с использованием метода производящих функций, поскольку исследования производящих функций находят свое применение в рамках решения следующих значимых и актуальных научных задач: развитие методов индексации и поиска сложных информационных объектов, оптимизация на сложных дискретных структурах, создание новых способов представления сложных дискретных структур, развитие методов представления полиномов и другие.

В связи с вышесказанным тема диссертации является актуальной.

### Научная новизна полученных результатов

В диссертационной работе приведены новые результаты, к которым можно отнести следующее:

1. Предложен комплексный метод формирования информационных объектов, основанный на  $k$ -й степени производящих функций, отличающийся наличием правил преобразования коэффициентов степеней взаимных, обратных и композиции производящих функций многих переменных

2. Предложен модифицированный метод построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе деревьев и/или, который отличается от оригинального метода и его модификаций применением разработанного комплексного метода получения явных выражений коэффициентов

производящих функций многих переменных для нахождения выражения функции мощности комбинаторного множества, в том числе определяемого несколькими параметрами. Также предложенный модифицированный метод отличается применением методов приближенных вычислений и метода двоичного поиска для поиска выбранного сына ИЛИ-узла, что позволяет снижать вычислительную сложность алгоритмов генерации по рангу.

3. Разработаны новые алгоритмы ранжирования и генерации по рангу для ряда информационных объектов, обладающие меньшей вычислительной сложностью. Применение методов приближенных вычислений позволило получить улучшение алгоритма генерации по рангу для классического комбинаторного множества сочетаний из  $n$  по  $m$  в лексикографическом порядке. Также были разработаны новые алгоритмы ранжирования и генерации по рангу для комбинаторного множества самонепересекающихся решеточных путей на плоскости; комбинаторного множества помеченных путей Дика длины  $2n$  с  $m$  подъемами на возвратных шагах и других комбинаторных множеств.

4. Сформулирован подход к созданию базы знаний производящих функций двух переменных и реализован в виде электронной энциклопедии, обеспечивающей автоматизированный поиск и манипулирование матричными представлениями соответствующих функций.

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

#### **Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертационной работы обеспечивается корректностью постановки цели и задач исследования, систематическим характером исследований; корректным применением метода производящих функций и сравнением предложенных оригинальных подходов со стандартными и известными подходами, гарантирующими получение достоверных результатов, которые не противоречат и согласуются с результатами других исследователей.

Результаты диссертации прошли апробацию: подробно опубликованы в открытой печати и докладывались на международных и всероссийских научно-технических конференциях, успешно использовались для решения ряда технических задач производства.

#### **Научная и практическая значимость исследований**

Научная значимость исследований заключается в создании комплекса научных разработок в виде математического, алгоритмического и программного обеспечения для развития методов преобразования информации в данные и знания, применяющих аппарат производящих функций многих переменных. Практическая значимость результатов

исследований состоит в возможности их применения в рамках развития новых технологий проектирования программного обеспечения и создании методов и программного обеспечения, ускоряющего процесс формирования входных последовательностей для тестирования сложных информационных и программных объектов.

Материал, изложенный в диссертации, может получить свое применение при решении следующих значимых и актуальных научных задач: развитие методов индексации и поиска сложных информационных объектов, организация новых способов хранения информации и модернизация принципов работы систем баз данных, оптимизация на сложных дискретных структурах, создание новых способов представления сложных дискретных структур и другие.

### **Оценка содержания диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Полный текст диссертации включает 319 страниц, содержит 43 рисунка и 11 таблиц, а список литературы – 299 наименований.

**Во введении** обоснованы актуальность, цель, научная новизна, теоретическая и практическая ценность работы, приведены выносимые на защиту научные положения.

**Первая глава** посвящена аналитическому обзору современного состояния исследований в области производящих функций и методов на их основе. Приведены основные понятия и термины.

**Вторая глава** посвящена разработке математических подходов для оперирования коэффициентами степеней производящих функций многих переменных. Разработаны методы получения коэффициентов степеней производящих функций для одномерного, двумерного и трехмерного случая, а также для случая  $n$ -мерных рациональных производящих функций. Показано применение полученных методов для нахождения явных выражений для ряда известных последовательностей онлайн-энциклопедии целочисленных последовательностей и соответствующих им информационных объектов.

**Третья глава** посвящена разработке алгоритмов комбинаторной генерации. Для этого предложена модификация метода построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе деревьев И/ИЛИ за счет применения введенного во второй главе математического аппарата и применением для снижения вычислительной сложности алгоритмов генерации по рангу методов приближенных вычислений и метода двоичного поиска для поиска выбранного сына ИЛИ-узла. Показано применение модифицированного метода на ряде комбинаторных множеств: сочетания элементов множества; решеточные пути на плоскости; пути Дика с пиками; последовательности вариантов ответа на тест с вопросами закрытого типа; исходы турнира на выбывание; части круга, полученные при разрезе его

поверхности прямыми линиями; последовательности правильно вложенных скобок, разряженных нулями; разбиения множества.

**Четвертая глава** посвящена разработке базы знаний производящих функций двух переменных на основе фреймовой модели. Рассмотрено использование разработанной базы знаний производящих функций двух переменных при решении следующих задач: оперирование производящими функциями двух переменных и получение явных выражений для коэффициентов композиции производящих функций двух переменных, коэффициентов взаимной и обратной производящих функций двух переменных, коэффициентов логарифмических производных производящих функций, а также их степеней. Представлены результаты разработки программной системы поддержки базы знаний производящих функций двух переменных на основе системы компьютерной алгебры Maxima и ее онлайн-версия с расширенными возможностями поиска и генерацией различных выходных форматов.

**Пятая глава** посвящена изучению процесса распознавания простых и составных чисел. Рассматриваются вопросы получения критериев простоты числа на основе использования операции композиции производящих функций. Приводится описание специализированного программного обеспечения для генерации и анализа критериев простоты числа.

**Шестая глава** посвящена описанию разработанного программного обеспечения, предназначенного для вычисления коэффициентов степеней производящих функций и для генерации по рангу элементов комбинаторных множеств, в виде библиотек к системам компьютерной алгебры. Приводится сравнение полученных библиотек с существующими способами вычисления. Представлено описание итогов внедрения полученных результатов диссертационного исследования.

**В заключении** сформулированы основные результаты диссертации.

### **Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации**

Диссертация Кручинина Д.В. представляет собой подробный научный труд, имеющий несомненную ценность как для научного сообщества, так и для задач производственной практики.

Замечания по тексту диссертации:

1. Соискатель во второй главе развивает метод производящих функций многих переменных для получения явных выражений их коэффициентов, но не рассматривает приближенные методы получения для их вычисления. Однако, в третьей главе показывает необходимость использования приближенных методов для уменьшения вычислительной сложности алгоритмов комбинаторной генерации. Вопрос, почему не рассматриваются приближенные методы вычисления коэффициентов степеней производящей функции?

2. Недостаточно полно описана связь между производящей функцией и алгоритмами комбинаторной генерации. Например, если известны производящие функции для некоторых комбинаторных множеств и алгоритмы их генерации, то какие закономерности существуют для комбинаторного множества с производящей функцией, представленной композицией данных функций?

3. Также не ясно чем обусловлен выбор рассматриваемых комбинаторных множеств, для которых построены алгоритмы комбинаторной генерации?

4. Многие системы компьютерной алгебры имеют функции для определения явного выражения коэффициентов в общем виде по записи самой функции, например, в пакете Maxima имеется функция `power series (expr,x,a)`. В диссертации данные функции не рассматриваются.

5. Для некоторых функций нет представления коэффициентов  $n$  степени в явном виде, например, гамма-функция имеет разложение в степенной ряд, однако не имеет явной формулы разложения степени. Это обстоятельство создает ощущение ограниченности использования предложенного метода.

6. Для полиномов Белла второго рода имеется формула Фаа-ди-Бруно, обобщающая формулы дифференцирования сложной функции, в чем преимущество подхода, примененного в диссертации?

7. В диссертации указано, что разработанная база знаний содержит записи о 1502 производящих функций и их коэффициентов, при этом не отражены классы и разновидности производящих функций, охватывающих данный набор функций.

Отмеченные недостатки не являются принципиальными, не затрагивают сущности научных положений, выносимых на защиту и не влияют на общую оценку работы, которая несомненно, положительна.

### **Заключение**

Диссертация Кручинина Дмитрия Владимировича, представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой, а ее теоретические положения, вносят значительный вклад в развитие основ создания программных систем для новых информационных технологий. Содержание диссертации опубликовано в 4 монографиях и 43 статьях, рекомендуемых для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Тематика диссертационной работы и ее содержание полностью соответствуют специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики». Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор, Кручинин Дмитрий Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

Официальный оппонент,  
д.т.н., профессор,  
профессор кафедры общей математики и информатики  
ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»  
650000, Кемеровская область - Кузбасс, г. Кемерово,  
ул. Красная, дом 6, тел.: +7 (3842) 58-38-85  
e-mail: pavva46@mail.ru

« 31 » августа 2022 г.

Павский Валерий Алексеевич

Подпись Павского Валерия Алексеевича заверяю

**Начальник отдела кадров КемГУ**

*Печать организации*

