

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и инновациям

ФГБОУ ВО ТУСУР

к.т.н., доцент

А.Г. Лоцилов

«16» мая 2022 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

Диссертация «Методы, алгоритмы и программное обеспечение на основе производящих функций многих переменных для комплексного исследования информационных объектов» выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

Кручинин Дмитрий Владимирович в 2011 году окончил Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники по специальности «Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем». В период подготовки диссертации соискатель работал в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники на кафедре Компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП) в должности доцента.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Метод получения явных выражений полиномов на основе степеней производящих функций» по специальности 01.01.01 – «Вещественный, комплексный и функциональный анализ» защищена в 2016 году в совете на базе Сибирского федерального университета.

Научный консультант – Рулевский В.М., д.т.н., доцент, ректор, профессор ТУСУР.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

В диссертационной работе Кручинина Д.В. обобщены теоретические и экспериментальные исследования, а также практические разработки автора, направленные на решение крупной научно-технической проблемы, заключающейся в развитии теории и создании научных основ преобразования информации в данные и знания на основе применения производящих функций многих переменных.

В работе раскрыта актуальность темы исследования, произведена оценка степени ее проработанности. Предложена новая концепция исследования информационных объектов на основе применения теории производящих функций. За счет разработанного математического исчисления над коэффициентами степеней производящих функций представлен комплексный метод формирования информационных объектов, состоящий из совокупности методов и правил оперирования производящими функциями одной, двух и трех переменных, а также n -мерными рациональными производящими функциями. Рассмотрен вопрос применения предложенного комплексного метода для формирования и описания информационных объектов на следующих примерах: специальные числа и полиномы, числовые треугольники и решеточные пути. Применение комплексного метода совместно с методами приближенных вычислений позволило получить оригинальные методы построения алгоритмов комбинаторной генерации и, как следствие, новые алгоритмы комбинаторной генерации с меньшей вычислительной сложностью. Предложенные подходы реализованы в соответствующей базе знаний и программном обеспечении.

Личный вклад автора диссертационной работы состоит в определении направлений исследований, в подготовке и проведении непосредственно научно-исследовательской работы, в проведении экспериментов, в самостоятельном формулировании выводов и научных положений. Результаты, составляющие научную основу диссертации и выносимые на защиту, получены автором самостоятельно. Работы [6,7,14,15,16,21,24,28,46] выполнены автором единолично. В работах, написанных в соавторстве, автор формировал концепцию и идею проводимого исследования. В работах [1,18,25,32,41,44] соискателем изложены методы получения и правила преобразования коэффициентов степеней производящих функций. В работах [1,2,3,17,19,20,22,23,26,27,33,39] исследуется подход применения комплексного метода на основе производящих функций для формирования и описания информационных объектов на следующих примерах: специальные числа и полиномы, числовые треугольники. В работах [1,5,7,8,9,11,30,31,35,40] исследованы свойства производящих функций для построения критериев простоты числа, предложены соответствующие методы и подходы для их реализации в виде программного обеспечения. В работах [4,13,37,42] исследованы свойства производящих функций для получения выражений функций мощности комбинаторных множеств. В работах [36,38,43] разработаны новые алгоритмы ранжирования и генерации по рангу. В работах [1,10,47] предложены пути решения уравнений, построенных на основе производящих функций, для их дальнейшей автоматизации. В работах [2,12,29,34,45] сформулированы подходы и принципы для разработки программного обеспечения.

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается корректностью применения математических методов, основанных на теории производящих функций, сравнением разработанных алгоритмов с известными алгоритмами, полученными исследователями других научных групп, проверкой теоретических положений вычислительными экспериментами, положительным эффектом от внедрения полученных результатов. Все разделы диссертационной работы логически взаимосвязаны, а выводы и рекомендации органически вытекают из материалов теоретических и экспериментальных исследований.

Научная новизна диссертационной работы:

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. Предложена модификация метода построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе деревьев И/ИЛИ, которая отличается применением предложенного комплексного метода для нахождения выражения функции мощности комбинаторного множества, а также применением приближенных вычислений и двоичного поиска для определения выбранного сына ИЛИ-узла для задач генерации информационных объектов;

3. Разработаны новые алгоритмы ранжирования и генерации по рангу для множества информационных объектов, обладающие меньшей вычислительной сложностью;

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.

Теоретическая значимость результатов диссертационной работы заключается в развитии теории производящих функций и методов построения алгоритмов комбинаторной генерации за счет применения разработанного комплексного метода формирования информационных объектов, основанного на k -й степени производящих функций и их коэффициентов. Предложенный на основе применения коэффициентов степеней производящих функций подход к созданию программных систем компьютерной алгебры и систем тестирования является теоретической основой для развития новых технологий проектирования программного обеспечения и решения задач индексации и поиска сложных информационных объектов.

Практическая значимость диссертационной работы обуславливается возможностью использования разработанных методов, алгоритмов и программного обеспечения для ускорения процесса формирования входных последовательностей для тестирования сложных информационных и программных объектов. Разработанное программное обеспечение в виде библиотек для систем компьютерной алгебры позволяет решать задачи, отсутствующие в перечне стандартных функций математических пакетов, в том числе ускоряет процесс вычислений при работе с производящими функциями многих переменных. Созданная база знаний и ее реализация в виде электронной энциклопедии расширяют возможности проведения исследований числовых пирамид.

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается их внедрением в деятельность научно-производственных предприятий. Результаты диссертационной работы 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 ТУСУР при обучении студентов по направлениям подготовки «Информатика и вычислительная техника» и «Управление в технических системах».

Основные этапы диссертационного исследования выполнены в рамках государственных заданий, а также грантов РФФИ и РНФ. Получены четыре свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Полнота изложения материалов работы в публикациях

Материалы диссертационного исследования Кручинина Д.В. достаточно полно отражены в 107 научных работах, среди которых: 4 монографии, 43 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук (12 статей в журналах из перечня ВАК; 27 в изданиях, индексируемых Web of Science и/или Scopus, 4 в прочих зарубежных изданиях), и 60 в тезисах и материалах научных конференций. Разработанные технические решения и методы защищены четырьмя свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ.

Монографии:

1. Кручинин В.В. Степени производящих функций и их применение / В.В. Кручинин, Д.В. Кручинин. – Томск: Издательство ТУСУР, 2013. – 236 с.
2. Метод получения явных выражений полиномов на основе степеней производящих функций и его реализация / Д.В. Кручинин, В.В. Кручинин, А.А. Шелупанов, Ю.В. Шабля, В.С. Мельман. – Томск: В-Спектр, 2017. – 172 с.

3. Kruchinin D. Obtaining explicit formulas and identities for polynomials defined by generating functions of the form $F(t)^x \cdot G(t)^a$ / D. Kruchinin, V. Kruchinin, Y. Shablya // Polynomials – Theory and Application. – UK: IntechOpen, 2019.

4. 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.

В рецензируемых журналах из списка ВАК:

5. Кручинин Д.В. Метод построения алгоритмов проверки простоты натуральных чисел для задач защиты информации / Д.В. Кручинин, В.В. Кручинин // Доклады ТУСУР. – 2011. – Т. 24, №2. – С. 247-251.

6. Кручинин Д.В. О свойствах коэффициентов суперпозиции некоторых производящих функций / Д.В. Кручинин // Прикладная дискретная математика. – 2012. – Т. 15, №1. – С. 55-59.

7. Кручинин Д.В. Метод построения рекуррентных вероятностных генераторов простых чисел / Д.В. Кручинин // Доклады ТУСУР. – 2012. – Т. 25, №1. – С. 131-135.

8. Кручинин Д.В. Программное обеспечение для анализа тестов простоты натурального числа / Д.В. Кручинин, Ю.В. Шаблия // Доклады ТУСУР. – 2014. – Т. 34. – С. 95-99.

9. Шаблия Ю.В. Генератор критериев простоты натурального числа на основе свойств композиции производящих функций / Ю.В. Шаблия, Д.В. Кручинин, А.А. Шелупанов // Доклады ТУСУР. – 2015. – Т. 38. – С. 97-101.

10. Перминова М.Ю. Алгоритм декомпозиции полиномов, основанный на разбиениях / М.Ю. Перминова, В.В. Кручинин, Д.В. Кручинин // Доклады ТУСУР. – 2015. – Т. 38. – С. 102-107.

11. Шелупанов А.А. Актуальные направления развития методов и средств защиты информации / А.А. Шелупанов, О.О. Евсютин, А.А. Конев, Е.Ю. Костюченко, Д.В. Кручинин, Д.С. Никифоров // Доклады ТУСУР. – 2017. – Т. 20, №3. – С. 11-24.

12. Мельман В.С. Сравнительный анализ вычислительных способов нахождения коэффициентов ряда Тейлора в математических пакетах / В.С. Мельман, Ю.В. Шаблия, Д.В. Кручинин, В.В. Кручинин // Доклады ТУСУР. – 2017. – Т. 20, №4. – С. 71-74.

13. Шаблия Ю.В. Модификация метода построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе применения теории производящих функций / Ю.В. Шаблия, Д.В. Кручинин // Доклады ТУСУР. – 2019. – Т. 22, №3. – С. 55-60.

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

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

16. 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.

Публикации, индексируемые в WoS/Scopus:

17. Kruchinin D.V. A method for obtaining generating functions for central coefficients of triangles / D.V. Kruchinin, V.V. Kruchinin // Journal of Integer Sequences. – 2012. – Vol. 15 (9). – Article 12.9.3.

18. Kruchinin D.V. A method for obtaining expressions for polynomials based on a composition of generating functions / D.V. Kruchinin, V.V. Kruchinin // AIP Conference Proceedings. – 2012. – Vol. 1479 (1). – P. 383-386.

19. Kruchinin D.V. Application of a composition of generating functions for obtaining explicit formulas of polynomials / D.V. Kruchinin, V.V. Kruchinin // Journal of Mathematical Analysis and

Applications. – 2013. – Vol. 404 (1). – P. 161-171.

20. Kruchinin D.V. Explicit formulas for some generalized polynomials / D.V. Kruchinin, V.V. Kruchinin // *Applied Mathematics and Information Sciences*. – 2013. – Vol. 7 (5). – P. 2083-2088.

21. Kruchinin D.V. Explicit formula for the generalized Mott polynomials / D.V. Kruchinin // *Advanced Studies in Contemporary Mathematics (Kyungshang)*. – 2014. – Vol. 24 (3). – P. 327-332.

22. Kruchinin D.V. Explicit formulas for Meixner polynomials / D.V. Kruchinin, Y.V. Shablya // *International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences*. – 2015. – Vol. 2015. – Article 620569.

23. Kruchinin D.V. A generating function for the diagonal $T(2n,n)$ in triangles / D.V. Kruchinin, V.V. Kruchinin // *Journal of Integer Sequences*. – 2015. – Vol. 18 (4). – Article 15.4.6.

24. Kruchinin D.V. On solving some functional equations / D.V. Kruchinin // *Advances in Difference Equations*. – 2015. – Vol. 2015. – Article 17.

25. Kruchinin D.V. A method for obtaining coefficients of compositional inverse generating functions / D.V. Kruchinin, Y.V. Shablya, V.V. Kruchinin, A.A. Shelupanov // *AIP Conference Proceedings*. – 2016. – Vol. 1738. – Article 130003.

26. Kruchinin D.V. About some properties of polynomials defined by generating functions of form $F(t,x)^a \cdot G(t,\alpha)^x$ / D.V. Kruchinin, V.V. Kruchinin // *AIP Conference Proceedings*. – 2017. – Vol. 1863. – Article 300015.

27. Qi F. Several formulas for special values of the Bell polynomials of the second kind and applications / F. Qi, X.-T. Shi, F.-F. Liu, D.V. Kruchinin // *Journal of Applied Analysis and Computation*. – 2017. – Vol. 7 (3). – P. 857-871.

28. Kruchinin D.V. Explicit formulas for Korobov polynomials / D.V. Kruchinin // *Proceedings of the Jangjeon Mathematical Society*. – 2017. – Vol. 20 (1). – P. 43-50.

29. Kruchinin D.V. Personalized distance learning using the STACK system / D.V. Kruchinin, Y.V. Shablya, A.A. Shelupanov, V.S. Melman // *Proceedings of the IV International research conference "Information technologies in Science, Management, Social sphere and Medicine" (ITSMSSM 2017)*. – 2017. – Vol. 72. – P. 18-20.

30. Kruchinin D.V. Integer properties of a composition of exponential generating functions / D.V. Kruchinin, Y.V. Shablya, O.O. Evsutin, A.A. Shelupanov // *AIP Conference Proceedings*. – 2017. – Vol. 1863. – Article 300014.

31. Kruchinin D.V. Properties of a composition of exponential and ordinary generating functions / D.V. Kruchinin, Y.V. Shablya, V.V. Kruchinin, A.A. Shelupanov // *Communications in Mathematics and Applications*. – 2018. – Vol. 9 (4). – P. 705-711.

32. Kruchinin D.V. Explicit formula for reciprocal generating function and its application / D.V. Kruchinin, V.V. Kruchinin // *Advanced Studies in Contemporary Mathematics (Kyungshang)*. – 2019. – Vol. 29 (3). – P. 365-372.

33. Kruchinin D.V. Explicit formulas for the Eulerian numbers of the second kind / D.V. Kruchinin, V.V. Kruchinin, Y.V. Shablya, A.A. Shelupanov // *AIP Conference Proceedings*. – 2019. – Vol. 2116. – Article 100008.

34. Kruchinin D.V. A library for calculating polynomials based on compositae of generating functions / D.V. Kruchinin, V.S. Melman, Y.V. Shablya, A.A. Shelupanov // *AIP Conference Proceedings*. – 2019. – Vol. 2116. – Article 100007.

35. Shelupanov A.A. Information security methods – Modern research directions / A.A. Shelupanov, O.O. Evsutin, A.A. Konev, E.Y. Kostyuchenko, D.V. Kruchinin, D.S. Nikiforov // *Symmetry*. – 2019. – Vol. 11 (2). – Article 150.

36. Shcheglov P.P. Algorithms for ranking and unranking the combinatorial set of closed questionnaire answers / P.P. Shcheglov, G.A. Filippov, Y.V. Shablya, D.V. Kruchinin // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2020. – Vol. 1611. – Article 012069.

37. Shablya Y.V. Euler–Catalan's number triangle and its application / Y.V. Shablya, D.V. Kruchinin // *Symmetry*. – 2020. – Vol. 12 (4). – Article 600.

38. Shablya Y.V. Method for developing combinatorial generation algorithms based on AND/OR trees and its application / Y.V. Shablya, D.V. Kruchinin, V.V. Kruchinin // Mathematics. – 2020. – Vol. 8 (6). – Article 962.

39. Kruchinin D.V. Generalized Tepper's identity and its application / D.V. Kruchinin, V.V. Kruchinin, Y. Simsek // Mathematics. – 2020. – Vol. 8 (2). – Article 243.

40. Shablya Y.V. Method for developing combinatorial generation algorithms based on AND/OR trees and its application / Y.V. Shablya, D.V. Kruchinin, A.A. Shelupanov // Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography. – 2021. – Vol. 24 (4). – P. 917-930.

41. Kruchinin D.V. Method for obtaining coefficients of powers of bivariate generating functions / D.V. Kruchinin, V.V. Kruchinin, Y.V. Shablya // Mathematics. – 2021. – Vol. 9 (4). – Article 428.

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

43. Kruchinin V.V. Unranking small combinations of a large set in co-lexicographic order / V.V. Kruchinin, Y.V. Shablya, D.V. Kruchinin, V.M. Rulevskiy // Algorithms. – 2022. – Vol. 15 (2). – Article 36.

Статьи в прочих зарубежных научных периодических изданиях:

44. Kruchinin V.V. Composita and its properties / V.V. Kruchinin, D.V. Kruchinin // Journal of Analysis and Number Theory. – 2014. – Vol. 2 (2). – P. 37-44.

45. Melman V.S. Realization of method for calculating Bell polynomials based on compositae of generating functions / V.S. Melman, Y.V. Shablya, D.V. Kruchinin, A.A. Shelupanov // Journal of Informatics and Mathematical Sciences. – 2018. – Vol. 10 (4). – P. 659-672.

46. Kruchinin D.V. New approach to study numeric triangles / D.V. Kruchinin // KnE Engineering. – 2018. – Vol. 3 (4). – P. 290-297.

47. Kruchinin D.V. About solving some functional equations related to the Lagrange inversion theorem / D.V. Kruchinin, M.Y. Perminova // Montes Taurus J. Pure Appl. Math. – 2021. – Vol. 3 (1). – P. 62-69.

Свидетельства о государственной регистрации программ ЭВМ:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018611241. Программа «РТА: Primality Test Analyser» для анализа тестов простоты числа / Ю.В. Шабля, Д.В. Кручинин, В.С. Мельман – Заявка № 2017662547. Дата поступления 04 декабря 2017 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 26 января 2018 г.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018611242. Программа «PCG: Primality Criterion Generator» для генерации критериев простоты числа / Ю.В. Шабля, Д.В. Кручинин, В.С. Мельман – Заявка № 2017662540. Дата поступления 04 декабря 2017 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 26 января 2018 г.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019660020. Программа для ранжирования и генерации по рангу элементов комбинаторных множеств / Ю.В. Шабля, Д.В. Кручинин – Заявка № 2019618795. Дата поступления 17 июля 2019 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 29 июля 2019 г.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021669954. Программа для генерации и оценки математических заданий / Д.В. Кручинин – Заявка № 2021669226. Дата поступления 29 ноября 2021 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 06 декабря 2021 г.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности

Диссертационная работа Кручинина Д.В. на тему «Методы, алгоритмы и программное обеспечение на основе производящих функций многих переменных для комплексного

исследования информационных объектов» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых ВАК к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора наук, и является законченным самостоятельным научным исследованием, имеющим научную ценность. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики», а именно п.3, п.4 и п.14:

– п. 3: Исследование методов и разработка средств кодирования информации в виде данных. Принципы создания языков описания данных, языков манипулирования данными, языков запросов. Разработка и исследование моделей данных и новых принципов их проектирования;

– п. 4: Исследование и разработка средств представления знаний. Принципы создания языков представления знаний, в том числе для плохо структурированных предметных областей и слабоструктурированных задач; разработка интегрированных средств представления знаний, средств представления знаний, отражающих динамику процессов, концептуальных и семиотических моделей предметных областей;


– п. 14: Разработка теоретических основ создания программных систем для новых информационных технологий.

Диссертация «Методы, алгоритмы и программное обеспечение на основе производящих функций многих переменных для комплексного исследования информационных объектов» Кручинина Д.В. рекомендуется к защите на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

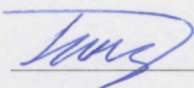
Заключение принято на заседании кафедры Компьютерных систем в управлении и проектировании Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

Присутствовало на заседании 10 докторов наук, 3 кандидата наук. Результаты голосования: «за» – 13, «против» – 0, «воздержалось» – 0, протокол № 36 от 12.05.2022 г.

Председатель: зав. каф. КСУП
д.т.н., профессор

 Шурыгин Ю.А.

Секретарь: проф. каф. КСУП
д.т.н., доцент

 Ганджа Т.В.