

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
Новосибирского государственного
технического университета

д.т.н., профессор



А.Г. Вострецов

«15» ноября 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» на диссертационную работу Шабли Юрия Васильевича «Алгоритмическое обеспечение комбинаторной генерации на основе применения теории производящих функций», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики

Диссертационная работа Шабли Ю.В. посвящена развитию методов построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе теории производящих функций.

Диссертация общим объемом 123 страницы состоит из введения, четырех глав основной части, заключения, списка литературы из 102 наименований и двух приложений.

В первой главе диссертации представлен анализ современного состояния исследований в области разработки алгоритмов комбинаторной генерации. В разделе 1.1 выделены основные существующие подходы к разработке алгоритмов комбинаторной генерации, рассмотрены подробно принципы их работы с указанием имеющихся недостатков. В разделе 1.2 рассмотрен процесс разработки алгоритмов комбинаторной генерации с помощью каждого метода для таких классических комбинаторных множеств, как перестановки и сочетания.

Во второй главе представлены полученные результаты разработки модификации метода построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе деревьев И/ИЛИ за счет применения теории производящих функций. В разделе 2.1 представлено формальное описание метода построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе деревьев И/ИЛИ с указанием имеющихся в нем недостатков и возможных путей их исправления. В разделе 2.2 приводится математический аппарат производящих функций на примере метода получения явных выражений

коэффициентов производящих функций, который предлагается использовать для получения выражений функций мощности комбинаторных множеств, для которых известна производящая функция. В разделе 2.3 представлена разработанная модификация метода построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе деревьев И/ИЛИ. Разработанный модифицированный метод отличается от оригинального применением метода получения явных выражений коэффициентов производящих функций для нахождения выражения функции мощности комбинаторного множества.

Третья глава посвящена апробации предложенной модификации метода построения алгоритмов комбинаторной генерации путем разработки алгоритмического обеспечения. В разделе 3.1 представлены разработанные алгоритмы ранжирования и генерации по рангу для множества выражений обобщенного языка Дика на примере множества последовательностей правильно вложенных n пар скобок m типов. В разделе 3.2 разработаны алгоритмы ранжирования и генерации по рангу для множества комбинаторных объектов, отражающих вторичную структуру РНК длины n с m пар нуклеотидов, соединенных водородной связью. В разделе 3.3 разработаны алгоритмы ранжирования и генерации по рангу для множества комбинаторных объектов, определяемых треугольником Эйлера-Каталана, на примере множества помеченных путей Дика длины $2n$ с m подъемами на возвратных шагах.

В четвертой главе представлено созданное на основе системы компьютерной алгебры «Math» программное обеспечение для ранжирования и генерации по рангу элементов комбинаторных множеств, которая автоматизирует процессы вычислений в рамках разработанных алгоритмов комбинаторной генерации.

В заключении приведены основные результаты и выводы по проделанной работе.

Список цитируемой литературы содержит обширную и достаточную библиографию по тематике диссертации.

1. Актуальность темы исследований

Развитие информационных технологий в совокупности с их повсеместным применением приводит к многократному увеличению количества информации, что в свою очередь вызывает проблему ее хранения, передачи и обработки в больших объемах. Многие информационные объекты, в том числе с большим объемом данных, носят иерархическую или рекурсивную природу описания. В таком случае древовидная структура является естественной формой представления информационного объекта, что позволяет описать данный информационный объект формальным комбинаторным множеством и применить в дальнейшем алгоритмы комбинаторной генерации. Алгоритмы ранжирования и генерации элементов комбинаторных множеств позволяют кодировать информационные объекты в виде чисел для удобства хранения информации о них, а также выполнять последующее восстановление из чисел самих объектов. Таким образом,

разработка эффективных алгоритмов и программного обеспечения комбинаторной генерации приведет к усовершенствованию систем, предназначенных для обработки информации, представленной в виде комбинаторных множеств.

Комбинаторная генерация представляет собой раздел наук на стыке информатики и комбинаторики, развивающий методы и алгоритмы ранжирования и генерации комбинаторных множеств. Однако универсальных подходов и методов разработки алгоритмов комбинаторной генерации на сегодняшний день не существует. Поэтому тематику исследований, связанную с разработкой алгоритмического и программного обеспечения комбинаторной генерации следует признать актуальной и соответствующей специальности 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

Целью диссертационной работы является развитие методов построения алгоритмов комбинаторной генерации за счет применения теории производящих функций.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов

Соискателем выдвигаются на защиту следующие наиболее важные новые научные результаты:

– Предложен модифицированный метод построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе деревьев И/ИЛИ, который отличается применением метода получения явных выражений коэффициентов производящих функций для нахождения выражения функции мощности комбинаторного множества, для которого не известно выражение функции мощности, принадлежащее алгебре $\{N, +, \times, R\}$.

– Разработаны новые алгоритмы ранжирования и генерации по рангу для множества комбинаторных объектов, отражающих вторичную структуру РНК, отличающиеся от аналогов меньшей вычислительной сложностью, оценка которой равна $O(m^2(n - m))$.

– Впервые созданы алгоритмы ранжирования и генерации по рангу для множества комбинаторных объектов, определяемых числовым треугольником Эйлера-Каталана.

Все основные результаты, полученные в диссертационной работе, апробированы на ряде научных конференций и семинаров, в том числе международных и зарубежных, и опубликованы в 21 работе, в том числе 4 публикации в рецензируемых журналах из перечня ВАК, 6 публикаций в научных изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus, получены 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

3. Обоснованность и достоверность полученных результатов

Теоретические результаты базируются на строго доказанных выводах. Достоверность и обоснованность полученных соискателем результатов подтверждается тщательным анализом разработанных алгоритмов, проверкой теоретических положений вычислительными экспериментами.

Полученные результаты не противоречат и согласуются с результатами других исследователей.

4. Значимость полученных автором результатов

Теоретическая значимость результатов диссертационной работы заключается в развитии методов построения алгоритмов комбинаторной генерации. Модифицированный метод построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе деревьев И/ИЛИ за счет применения теории производящих функций позволяет использовать данный метод для получения новых алгоритмов ранжирования и генерации по рангу как для известных, так и для новых комбинаторных множеств.

Разработанное программное обеспечение для системы компьютерной алгебры «Махіта» позволяет в автоматизированном режиме решать задачи комбинаторной генерации по ранжированию и генерации по рангу элементов комбинаторных множеств. Это обеспечивает ускорение выполнения вычислений в рамках работы с алгоритмами комбинаторной генерации.

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается их внедрением. Результаты диссертационной работы использованы при систематизации архива проведения экспериментальных исследований в ООО «ПлантаПлюс», а также в процессе создания программного продукта для работы с алгоритмами получения простых чисел в ООО «Удостоверяющий центр Сибири». Кроме того, Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «ТУСУР» на факультете безопасности, а также использованы в ходе выполнения научно-исследовательских работ.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Материалы диссертационной работы могут использоваться исследователями при решении различных задач, связанных с изучением свойств элементов комбинаторных множеств и разработкой новых алгоритмов комбинаторной генерации. Разработанные алгоритмы ранжирования и генерации по рангу для множества комбинаторных объектов, отражающих вторичную структуру РНК, могут быть использованы в области биоинформатики для сжатия баз данных, хранящих информацию о таких объектах.

6. Замечания по диссертационной работе

По представленному тексту диссертации Шабли Ю. В. могут быть сделаны следующие замечания:

1. При описании метода построения алгоритмов комбинаторной генерации на основе деревьев И/ИЛИ (стр. 35 диссертации) указано, что на выходе данного метода получаются алгоритмы комбинаторной генерации RankVariant и UnrankVariant. При этом также отмечена необходимость

задания правил биекции между элементами комбинаторного множества и множества вариантов дерева И/ИЛИ. Однако в представленных примерах разработки алгоритмов для множества перестановок (стр. 29) и множества сочетаний (стр. 30-31) отсутствует явное оперирование с вариантами деревьев И/ИЛИ.

2. На стр. 60 диссертации сказано следующее: «... вторичная структура РНК может быть представлена в виде структуры графа, в котором помеченные вершины являются нуклеотидами с указанием типа азотистого основания ...». Но далее на стр. 61 (рис. 3.4) приведен пример представления вторичной структуры цепочки РНК, в котором вершины не являются помеченными.

3. Для рассмотренного в разделе 3.3 диссертации множества комбинаторных объектов, определяемых числовым треугольником Эйлера-Каталана, приводится его теоретическая значимость (наличие комбинаторных интерпретаций), но отсутствует какая-либо информация о его практической значимости.

4. В качестве основы для программной реализации разработанных алгоритмов выбрана система компьютерной алгебры «Mathia». Из текста диссертации не ясно проводился ли анализ различных программных продуктов для решения данной задачи и почему была выбрана именно эта система компьютерной алгебры.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации и не влияют на общую положительную оценку результатов исследований.

7. Заключение о работе

Диссертационная работа Шабли Ю. В., представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне и посвященной актуальному направлению развития методов построения алгоритмов комбинаторной генерации. 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. Диссертация написана в хорошем научном стиле, изложение достаточно четкое и грамотное.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Вышесказанное позволяет утверждать, что диссертационная работа Шабли Юрия Васильевича соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 - Теоретические основы информатики.

Диссертационная работа Шабли Юрия Васильевича обсуждена на объединенном заседании научно-технического семинара кафедр теоретической и прикладной информатики, автоматике и информационной безопасности Новосибирского государственного технического университета, состоявшегося 14 ноября 2019 года, протокол №11.

Председатель,
заведующий кафедрой теоретической
и прикладной информатики,
д.т.н., профессор

 В.М. Чубич

Секретарь,
профессор кафедры автоматике,
д.т.н., профессор

 А.А. Воевода

Российская Федерация, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, д. 20,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский государственный технический
университет», тел. (383) 346-50-01, email: rector@nstu.ru.

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ НГТУ

**ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК,
ПРОФЕССОР**

ШУМСКИЙ Г.М.

