

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Косовской Татьяны Матвеевны

на диссертацию Азимова Рустама Шухратулловича на тему

«Решение задач поиска путей в графе с заданными контекстно-свободными ограничениями с использованием методов линейной алгебры»,

представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук

по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение

вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Работа соискателя посвящена исследованию применимости методов линейной алгебры к задаче поиска путей в графе с заданными контекстно-свободными ограничениями с целью получения высокопроизводительных реализаций на основе параллельных вычислений.

В главе 1 даны определения основных математических понятий, используемых в диссертации, а также обзор существующих в настоящее время алгоритмов поиска путей в графе с КС-ограничениями. Проанализированы современное использование методов линейной алгебры для анализа графов, а также приведён список основных библиотек программ, решающих задачи линейной алгебры.

В результате такого анализа сделан вывод, что на сегодняшний день не проводились исследования о применении методов линейной алгебры для задач поиска путей в графе с заданными КС-ограничениями. Из этого вывода следует актуальность представленной диссертационной работы.

Глава 2 посвящена описанию подхода к поиску путей в графе с КС-ограничениями на основе методов линейной алгебры. Следует отметить, что описан именно подход, а не алгоритм. То есть даны методические рекомендации к разработке программ для поиска путей в графе с заданными КС-ограничениями с использованием методов линейной алгебры.

К достоинствам описания подхода можно отнести то, что сформулированы проблемы, которые могут возникнуть при применении такого подхода на этапе построения алгоритма, а также проблемы, связанные с выбором стандартных библиотек на этапе программирования.

В главах 3 и 4 предложены алгоритм поиска путей в графе с заданными КС-ограничениями с использованием операций умножения матриц, а также поиска путей в графе с заданными КС-ограничениями не требующий трансформации КС-грамматики.

Для каждого из этих алгоритмов доказаны завершаемость и корректность предложенного алгоритма при заданных ограничениях на выбранную алгебраическую структуру. Затем показано, что выбранные ранее при описании построения алгоритма алгебраические структуры удовлетворяют условиям теорем.

Таким образом, доказанные теоремы являются более сильными утверждениями, чем требуется для доказательства завершаемости и корректности предложенного алгоритма.

Доказаны временные сложности алгоритмов поиска путей и восстановления одного пути. Отмечены причины, по которым не даются оценки временной сложности для алгоритма восстановления всех путей в графе с заданными КС-ограничениями.

Приведён весьма наглядный пример работы алгоритма для решения задач достижимости, поиска одного и поиска всех путей.

Приведены детали реализации полученного алгоритма поиска путей в графе с заданными КС-ограничениями с использованием операций умножения матриц.

Глава 5 посвящена экспериментам, целью которых было ответить на вопросы: как показывают себя на практике полученные реализации в сравнении с существующими решениями на реальных данных; как оказывается на производительности хранение в полученных реализациях информации о найденных путях в сравнении с полученными реализациями для задачи достижимости; как показывают себя на практике полученные

РК N 33-06-273 от 07.03.2023

реализации, не требующие преобразований входной КС-грамматики, по сравнению с другими предложенными реализациями.

Сравнение производилось по времени работы и затрачиваемой памятью. Результаты сравнений представлены в таблицах и позволяют сделать вывод, что предложенный подход к задачам поиска путей в графе с заданными КС-ограничениями позволяет получать высокопроизводительные параллельные реализации, ускоряющие время анализа и потребляющие меньший объём памяти, в сравнении с существующими решениями на входных данных, близких к реальным.

Анализируются ограничения на реализации предложенных алгоритмов.

В главе 6 представлено сравнение полученных результатов с основными существующими решениями задачи поиска путей в графе с заданными КС-ограничениями. На основании этих сравнений сделаны выводы:

- На текущий момент не существует алгоритмов поиска путей в графе с заданными произвольными КС-ограничениями, использующих методы линейной алгебры, кроме предложенных в данной работе;
 - существующие инструменты в основном реализованы на CPU,
 - в рамках данной работы была предложена первая реализация на GPU алгоритма, решающего задачи поиска одного и всех путей в графе с заданными КС-ограничениями.

В заключении даны рекомендации по применению результатов работы в индустрии и научных исследованиях.

Хочется высказать некоторые замечания, относящиеся в основном к изложению в 1-й главе диссертации.

- Не следует пользоваться точно определёнными математическими обозначениями в качестве стенографических символов.
 - Так, например, на стр. 18 в Определении 1.2.8. написана «формула» $\exists v_i \pi v_j$. Что здесь такое π ? Это обозначение было существенно выше в тексте и именно существование π имеется в виду.
 - На той же странице в Определении 1.2.8. написана «формула» $l \in M[i,j] \Leftrightarrow \exists e = (i,l,j) \in E$. Следовало бы писать $l \in M[i,j] \Leftrightarrow (i,l,j) \in E$.
 - На стр. 26 в постановке задачи достижимости вновь появляется «формула» $\exists v_i \pi v_j$.
- На странице 20 в определении 1.3.5 впервые появляется обозначение $(\Sigma \cup N)^+$ (попытки найти выше не увенчались успехом) и затем используется многократно.
- На странице 21 в определении 1.3.8 упоминается дизъюнкция регулярных выражений $R_1 \mid R_2$. Вероятно, это очевидно для специалистов, но для меня $(R)^*$, которое затем пояснено на примере, более понятно.
- На стр. 26 в формулировке задачи **Поиск всех путей** в части «дано» нет количества путей. Однако, требуется «предоставить любое конечное заданное количество путей π таких, что ...»
- На стр. 27 даётся существенная отсылка к рис. 1.1, который находится на стр. 16. Хорошо было бы рядом с номером рисунка указать, где он находится. Аналогичные замечания можно высказать по поводу других рисунков, таблиц и Листингов.
- На стр. 29 приведена оценка $O(|\mathcal{I}|^\omega \cdot \log^3 |\mathcal{I}|)$, где ω – наилучший показатель степени для оценки временной сложности умножения двух матриц размером $n \times n$. Как связаны n и $|\mathcal{I}|$? По-видимому, $n = |\mathcal{I}|$?
- Описания алгоритмов даны в «художественном» стиле, без разбиения на пункты алгоритмов и описаний исходных данных. Правда, вслед за такими описаниями следуют Листинги алгоритмов, которые для человека, плохо знакомого с современными языками программирования, мало полезны.
- На стр. 72 сказано «... может быть доказана следующая теорема.». Но доказательства нет.

Несмотря на высказанные замечания считаю, что диссертация Азимова Рустама Шухратулловича на тему: «Решение задач поиска путей в графе с заданными контекстно-свободными ограничениями с использованием методов линейной алгебры» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Азимов Рустам Шухратуллович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета
доктор физ-мат наук, доцент,
профессор кафедры Информатики
Санкт-Петербургского государственного университета

Kos

Т.М. Косовская

13.02.2023

Личную подпись
заверяю
Заместитель начальника
Управления кадров СПбГУ
13.02.2023

