ОТЗЫВ
на диссертацию Азимова Рустама Шухратулловича

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

Целью работы соискателя является исследование применимости методов линейной алгебры к задаче поиска путей в графе с заданными контекстно-свободными ограничениями для получения высокопроизводительных реализаций на основе параллельных вычислений.
В главе 1 представлены основные математические определения и понятия, используемые в диссертации, а также приводится формальная постановка решаемой задачи. Также в главе демонстрируются основные идеи использования методов линейной алгебры для решения задач анализа графов. Кроме того, глава посвящена обзору существующих в настоящее время алгоритмов поиска путей в графе с контекстно-свободными ограничениями и библиотек линейной алгебры, которые могут быть использованы для получения высокопроизводительных реализаций.
Актуальность данной диссертационной работы следует из факта, что на сегодняшний день не проводились исследования о применении методов линейной алгебры для задач поиска путей в графе с заданными контекстно-свободными ограничениями.
Глава 2 посвящена описанию подхода к поиску путей в графе с контекстно-свободными ограничениями на основе методов линейной алгебры. В главе даны методические рекомендации к получению теоретических результатов и разработке высокопроизводительных реализаций для задач поиска путей в графе с заданными контекстно-свободными ограничениями с использованием методов линейной алгебры.
К достоинствам описания подхода можно отнести то, что подробно описаны все его этапы и сформулированы возможные сложности, с которыми можно столкнуться в процессе применения этого подхода. Кроме того, применение предложенного подхода продемонстрировано на примере, а также сделаны выводы о его ограничениях.
В главах 3 и 4 предложены алгоритм поиска путей в графе с заданными контекстно-свободными ограничениями с использованием операций умножения матриц, а также алгоритм поиска путей в графе с заданными контекстно-свободными ограничениями, не требующий преобразований контекстно-свободной грамматики. Эти алгоритмы получены в результате применения предложенного в главе 2 подхода. Для каждого из них доказаны завершаемость и корректность. Кроме того, работа алгоритмов продемонстрирована на примере. Также доказаны временные оценки сложности алгоритмов поиска путей и восстановления одного пути и

РК N 33-06-278 от 07.03.2023

приведены детали реализации полученных алгоритмов.

Глава 5 посвящена экспериментам, целью которых было ответить на следующие вопросы: как ведут себя на практике полученные реализации в сравнении с существующими решениями на реальных данных? как сказывается на производительности хранение в полученных реализациях информации о найденных путях в сравнении с полученными реализациями для задачи достижимости? как ведут себя на практике полученные реализации, не требующие преобразований входной контекстно-свободной грамматики, по сравнению с другими предложенными реализациями? Сравнение производилось по времени работы реализаций и затрачиваемой памяти. Результаты сравнений позволяют сделать вывод, что предложенный подход к задачам поиска путей в графе с заданными контекстно-свободными ограничениями позволяет получать высокопроизводительные параллельные реализации, ускоряющие время анализа и потребляющие меньший объём памяти по сравнению с существующими решениями на входных данных, близких к реальным. Также в главе представлен раздел с обсуждением ограничений предложенных алгоритмов и их реализаций.

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

- На текущий момент не существует алгоритмов поиска путей в графе с заданными произвольными контекстно-свободными 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 контекстно-свободными ограничениями.

В заключении даны рекомендации по применению результатов работы в индустрии и научных исследованиях, а также определены перспективы дальнейшей разработки тематики.

Хочется высказать некоторые замечания к представленной диссертации.

- Не даются оценки временной сложности для алгоритма восстановления всех путей в графе с заданными контекстно-свободными ограничениями.
- Теорема 3.3.2 на стр. 73 не доказывается, а просто утверждается, что это можно сделать, используя индукцию на минимальные высоты деревьев вывода.
- На стр. 29 приведена оценка сложности алгоритма, предложенного Филиппом Брэдфордом. В этой оценке для обозначения количества вершин графа используется |V|, однако затем это обозначение заменяется на n. При этом нигде не указано, что n = |V|.

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.

Доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник ПОМИ РАН
А.С. Куликов

15.02.2023

Подпись руки Куликова Александра Сергеевича
Удостоверяю
Помощник директора по кадрам Л.А. Зотова
27.02.2023

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургское отделение Математического института им. В.А. Стеклова Российской академии наук