

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.047.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ
ГЕОФИЗИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК, МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 17.01.2023 № 1

О **присуждении** Снытниковой Татьяне Валентиновне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Эффективная реализация модели ассоциативных вычислений на графических ускорителях для решения задач на графах» **по специальности** 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» **принята к защите** 01 ноября 2022 года (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.1.047.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 6, созданного приказом Минобрнауки России № 105нк-209 от 11.04.2012 г.

Соискатель Снытникова Татьяна Валентиновна, 25 июня 1979 года рождения. В 2001 г. окончила Новосибирский государственный университет, ведомственная принадлежность - Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, по специальности «прикладная математика и информатика».

В период с 01 октября 2001 г. по 30 сентября 2004 г. соискатель Снытникова Т.В. обучалась в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук по

специальности 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» (приказы № 321-К от 01.10.2001 г., № 362-К от 24.09.2004 г.), была прикреплена к аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук с 18.01.2022 по 18.02.2022 г. для сдачи кандидатского экзамена «История и философия науки» (приказы № 34-К от 17.01.2022 г., № 87-К от 15.02.2022 г.). Справка № 35 о сдаче кандидатских экзаменов выдана Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук 17.02.2022 г.

Работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории синтеза параллельных программ Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук Глинский Борис Михайлович, главный научный сотрудник лаборатории суперкомпьютерного моделирования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Абрамов Сергей Михайлович - член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт программных систем имени А.К. Айламазяна» Российской академии наук, директор исследовательского центра мультипроцессорных систем Федерального государственного бюджетного

учреждения науки «Институт программных систем имени А.К. Айламазяна» Российской академии наук;

Курносов Михаил Георгиевич - доктор технических наук, профессор Кафедры вычислительных систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»(СибГУТИ), директор Центра параллельных вычислительных технологий СибГУТИ,

– дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск в своем положительном заключении, подписанном Бабиным Сергеем Алексеевичем, член-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук, директором Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук,

указала, что диссертационная работа Т. В. Снытниковой «Эффективная реализация модели ассоциативных вычислений на графических ускорителях для решения задач на графах» является научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям Министерства образования и науки РФ, предъявляемой к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленными «Положением о порядке присуждения ученых степеней», а её автор Снытникова Татьяна Валентиновна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 - «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Соискатель имеет **8 опубликованных работ**, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ. Работы представляют собой научные публикации (3 работы опубликованы в изданиях, индексируемых в базах Scopus, из них 2 индексируются в базах Web of Science, 4 изданы в научных журналах, входящих в перечень ВАК), зарегистрированный программный

комплекс для ЭВМ, тезисы международных конференций. Работы в полном объеме отражают содержание диссертации. В диссертации **отсутствуют недостоверные сведения** об опубликованных соискателем ученой степени работах. В работе отражены все основные результаты научного исследования. Все выносимые на защиту результаты получены автором лично. Со стороны соавторов работ диссертанта отсутствуют возражения касаясь результатов, выносимых на защиту.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Снытникова Т. В.** Развитие ассоциативных параллельных архитектур // Проблемы информатики. 2019. № 2. С. 36–50.

2. **Snynikova T. V., Nepomniaschaya A. Sh.** Solution of graph problems by means of the star-machine being implemented on GPUs // *Prikladnaya Diskretnaya Matematika*. 2016. Vol. 3(33). P. 98–115.

В данной работе соискателю принадлежат следующие результаты: реализация операторов языка STAR на графических ускорителях, адаптация и оптимизация ассоциативного алгоритма Уоршалла под исполнение на GPU, а также проведение вычислительных расчетов и сравнение с неассоциативными реализациями алгоритма Уоршалла на GPU.

Объем печатных листов личного вклада соискателя 0.69 п.л.

3. **Снытникова Т. В.** Реализация модели ассоциативных вычислений на GPU: библиотека базовых процедур языка STAR // *Вычислительные методы и программирование. Новые вычислительные технологии*. 2018. № 19. С. 85–95.

4. **Nepomniaschaya A. Sh., Snynikova T. V.** Associative parallel algorithm for dynamic update of shortest paths tree after inserting an arc // *Prikladnaya Diskretnaya Matematika*. 2019. Vol. 46. P. 49–62.

В данной работе ассоциативный параллельный алгоритм был разработан и доказана его корректность совместно с соавтором. Оптимизация и реализация алгоритма на графических ускорителях, а также численные расчеты произведены лично соискателем.

Объем печатных листов личного вклада соискателя 0.41 п.л.

5. Nepomniaschaya A. Sh., Snytnikova T. V. Associative version of the Ramalingam incremental algorithm for the dynamic single-source reachability problem // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Upravlenie, vychislitel'naya tehnika i informatika. [Tomsk State University Journal of Control and Computer Science]. 2021. Vol. 54. P. 86–96.

В данной работе ассоциативный параллельный алгоритм был разработан и доказана его корректность совместно с соавтором. Оптимизация и реализация алгоритма на графических ускорителях, а также численные расчеты произведены лично соискателем.

Объем печатных листов личного вклада соискателя 0.28 п.л.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ, базы данных, зарегистрированных в Роспатенте № 2021665653 Российская Федерация. cuSTAR / Т. В. Снытникова; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук. - № 2021665653. Дата поступления 14.09.21. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 30.09.21.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

- I. Отзыв на автореферат **Соколинского Леонида Борисовича**, д.ф.-м.н., профессора, проректора по информатизации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)». Отзыв положительный и не содержит замечаний.
- II. Отзыв на автореферат **Павского Кирилла Валерьевича**, д.т.н., доцента, заведующего Лабораторией вычислительных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв положительный и содержит следующие замечания:

1. На стр. 8. автор пишет о необходимости проверки сохранения свойств ассоциативной модели, которые приведены на стр. 3 и более не упоминаются в явном виде. Следовало в заключении явно указать ассоциативные свойства и их сохранность для подтверждения эффективности реализации ассоциативной модели.
2. Имеются опечатки. Например, стр. 15, последний абзац, «...При этом в *отличии от распараллеливания* алгоритмов...». Как должно быть - «при распараллеливании» или «от распараллеливаниЯ»?

III. Отзыв на автореферат Промского Алексея Владимировича, к.ф.-м.н., заместителя по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук. Отзыв положительный и содержит следующие замечания:

1. К сожалению, в автореферате не нашлось места для обсуждения причин, недостатков и преимуществ ассоциативной архитектуры и условий, при которых она смогла бы убедительно показать свои достоинства.
2. Из автореферата не понятно, насколько есть задел для использования ассоциативной архитектуры и алгоритмов для задач биоинформатики (о чем автор говорит как перспективной задаче).

IV. Отзыв на автореферат Модорского Владимира Яковлевича, д.т.н., декана Аэрокосмического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». Отзыв положительный и содержит следующее замечание:

Из автореферата остается неясным, чем выработанные методы оптимизации ассоциативных алгоритмов для выполнения на графических ускорителях отличаются от существующих подходов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается

их широкой известностью своими достижениями в области высокопроизводительных вычислений и разработки параллельных программ, наличием у них публикаций по соответствующим направлениям и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана реализация абстрактной модели ассоциативных вычислений (STAR-машины) на современной неассоциативной архитектуре параллельных вычислений (графических ускорителях) с сохранением основных ассоциативных свойств;

предложены методы оптимизации ассоциативных алгоритмов для выполнения на графических ускорителях, позволяющие легко локализовать точки синхронизации в ассоциативных алгоритмах при реализации на GPU;

доказана эффективность реализации как оценкой теоретической сложности процедур реализации, так и практическим сравнением времени работы с временем работы аналогов;

введена классификация процедур библиотеки стандартных ассоциативных алгоритмов по способу работы с данными;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность построенных ассоциативных алгоритмов и инструментальных средств ассоциативных вычислений на графических процессорах для решения задач на графах как с помощью аналитических оценок, так и сравнением с существующими алгоритмами в работах других авторов;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** методы параллельного программирования, методы анализа информационной структуры параллельных алгоритмов, элементы теории графов, а также формальные модели оценки эффективности параллельных программ и степени локальности данных;

изложены ключевые отличия ассоциативных систем от параллельных архитектур с доступом по адресу;

раскрыты сложности реализации модели ассоциативных вычислений на архитектурах типа PRAM (Parallel Random Access Memory);

изучены методы ассоциативных вычислений и их применимость для решения задач на графах;

проведена модернизация ассоциативного алгоритма Уоршалла транзитивного замыкания, реализация на графических ускорителях которой имеет теоретическую сложность $O(N)$ в отличие от $O(N^2)$ исходного алгоритма и показывает лучшие результаты, чем другие реализации на GPU;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены (указать степень внедрения) классические и динамические алгоритмы для решения задач на графах с применением STAR-машины, реализованной на GPU, ускоряющие до двух порядков время вычислений; разработанные алгоритмы внедрены в учебный процесс для практических и лабораторных занятий на кафедре параллельных вычислений ФИТ НГУ.

определены перспективы использования реализации STAR-машины для решения задач биоинформатики;

создана классификация библиотеки стандартных процедур языка Star по способу обработки данных;

представлены рекомендации для оптимизации ассоциативных алгоритмов для выполнения их реализаций на графических ускорителях, учитывающие различия STAR-машины и GPU;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ все экспериментальные результаты получены с использованием стандартных вычислительных систем;

теория ассоциативных вычислений использовалась для решения задач на графах с применением графических ускорителей;

идея базируется на актуальном подходе реализации языков и систем ассоциативных вычислений на базе архитектур общего назначения;

использованы библиотеки STL и CUDA thrust для оценки эффективности реализации ассоциативной модели и реализации алгоритма Уоршалла на графических ускорителях и данных, приведенных в литературе, для оценки эффективности практического применения предложенной реализации;

установлено, что для векторов размерностью более 5000 реализация ассоциативной модели дает ускорение до 2-х порядков по сравнению с библиотекой STL и в 1.5-2 раза по сравнению с библиотекой CUDA trust, а также реализация ассоциативного алгоритма Уоршалла на графических ускорителях выигрывает в производительности у реализаций с использованием графических ускорителей;

использованы технология CUDA и C++ для разработки программного комплекса реализации и профилировщик nvprof для анализа производительности и эффективности построенной реализации.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке реализации абстрактной модели ассоциативных вычислений на современной параллельной архитектуре;
- выявлении операций языка Star, критичных к синхронизации;
- создании методов оптимизации ассоциативных алгоритмов для выполнения на графических ускорителях;
- создании библиотеки стандартных процедур языка Star по способу обработки данных;
- проведении расчетов, обработке и анализе полученных результатов;
- разработке ассоциативных алгоритмов для решения некоторых задач на графах при участии соискателя;
- подготовке научных статей и докладов по теме диссертационной работы.

В ходе защиты диссертации критических замечаний не поступило.

Соискатель Снытникова Т. В. **ответила** на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании **17 января 2023 г.** диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для развития методов практической реализации алгоритмов на базе ассоциативных вычислений **присудить** Снытниковой Т. В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 2.3.5 - «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», участвовавших в заседании, из 24

человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

Диссертационного совета 24.1.047.01

Доктор физико-математических наук,
член-корреспондент РАН, профессор



Кабанихин С.И.

Ученый секретарь

Диссертационного совета 24.1.047.01

Доктор физико-математических наук,
доцент

Сорокин С.Б.

17 января 2023 г.