

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

ЮФУ 801.02.06

созданного на базе Научно-исследовательского института

многопроцессорных вычислительных систем

имени академика А.В. Каляева Инженерно-технологической академии

Южного федерального университета,

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____,

решение диссертационного совета

от «22» сентября 2023 г. №16

О присуждении Чекиной Марии Дмитриевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы и средства обработки фракталов на реконфигурируемых вычислительных системах» по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» принята к защите 30 июня 2023 г. (протокол заседания №12) диссертационным советом ЮФУ 801.02.06, созданным при федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет».

Соискатель Чекина Мария Дмитриевна 1987 года рождения.

В 2020 г. окончила магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» по направлению «Прикладная математика и информатика» (диплом 106132 0005887).

В 2020г. (срок обучения 2022-2024гг.) поступила в очную аспирантуру Южного федерального университета по направлению: 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (направленность: Математическое и программное

обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей), в которой обучается в настоящее время.

С 2014 года работает в ООО НИЦ СЭ и НК (г. Таганрог) в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» (ЮФУ) на кафедре «Интеллектуальные и многопроцессорные системы» (ИМС).

Научный руководитель – Левин Илья Израилевич, доктор технических наук, профессор.

Официальные оппоненты:

1. Заборовский Владимир Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор Высшей школы искусственного интеллекта Института компьютерных наук и технологий Федерального государственного автономного некоммерческого образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»;

2. Ватутин Эдуард Игоревич, доктор технических наук, доцент кафедры вычислительной техники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет».

Соискатель имеет 22 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 работ, из них в **ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в Перечень ВАК РФ** опубликовано 5 статей, , в материалах международных и российских научно-технических конференциях опубликовано 8 тезисов общим объемом 26 страниц (92% авторских). Соискателю выдано 3 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ по теме диссертации: № 2023614463 от 01.03.2023 г., № 2023617300 от 07.04.2023 г. и № 2023617550 от 11.04.2023 г. В диссертации

отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научной степени работах, виде, авторском вкладе и объеме научных изданий.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Чекина, М.Д. Математическое моделирование задач геофильтрации в почвогрунтах с фрактальной структурой на многопроцессорных вычислительных системах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 12 (161). – С. 242-251. (ведущий рецензируемый журнал, входит в перечень ВАК).

В работе Чекиной М.Д. получен дискретный аналог для математической модели, описывающей процессы аномальной диффузии с использованием дробного оператора дифференцирования; разработан параллельный алгоритм решения полученной СЛАУ для моделирования на сетках с большим разрешением.

2. Чекина, М.Д. Решение разреженных СЛАУ большой и сверхбольшой размерности многосеточным методом на РВС // М.Д. Чекина, А.В. Подопригора / Известия ЮФУ. Технические науки. – 2018. – № 8 (202). – С. 212-221. DOI: 10.23683/2311-3103-2018-8-212-221 (ведущий рецензируемый журнал, входит в перечень ВАК).

В работе Чекиной М.Д. проведен анализ возможности применения многосеточного метода к решению на РВС СЛАУ, содержащих большие разреженные матрицы.

3. Чекина, М.Д. Реализация фрактального сжатия и декомпрессии изображений параллельно-конвейерным способом на реконфигурируемых вычислительных системах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2020. – № 7 (217). – С. 130-142. DOI: 10.18522/2311-3103-2020-7-130-142 (ведущий рецензируемый журнал, входит в перечень ВАК).

В работе Чекиной М.Д. предложен метод реализации фрактального сжатия и декомпрессии изображений, позволяющих получать параллельно-конвейерные программы для РВС различных конфигураций.

4. Чекина, М.Д. Параллельно-конвейерная реализация фрактального сжатия изображений на реконфигурируемых вычислительных системах // М.Д. Чекина, И.И. Левин / Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2021. – Т. 18. – № 4 (202). – С. 37-44. DOI: 10.14489/vkit.2021.04.pp.037-044 (ведущий рецензируемый журнал, входит в перечень ВАК).

В работе Чекиной М.Д. предложен метод создания параллельно-конвейерных структур для фрактального сжатия изображений.

5. Чекина, М.Д. Модификация реализации метода Якоби при моделировании супердиффузии радона на реконфигурируемых вычислительных системах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2021. – № 7 (224). – С. 198-206. DOI: 10.18522/2311-3103-2021-7-198-206 (ведущий рецензируемый журнал, входит в перечень ВАК).

В работе Чекиной М.Д. предложена модификация метода Якоби для решения задачи супердиффузии на РВС, которая позволяет строить вычислительные структуры исходя из параметров входной СЛАУ.

6. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2023614463, РФ. Программа фрактального сжатия изображений // Чекина М.Д., Левин И.И. Зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 01.03.2023 г. Правообладатель: ООО «НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров».

Вклад Чекиной М.Д. в создание зарегистрированной программы для ЭВМ состоит в разработке алгоритма создания параллельно-конвейерных структур для фрактального сжатия изображений.

7. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2023617300, РФ. Программа декомпрессии изображений, сжатых фрактальным способом // Чекина М.Д., Левин И.И. Зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 07.04.2023 г. Правообладатель: ООО «НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров».

Вклад Чекиной М.Д. в создание зарегистрированной программы для ЭВМ состоит в разработке алгоритмов декомпрессии изображения, сжатого

фрактальным способом, для применения на реконфигурируемых вычислительных системах.

8. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2023617550, РФ. Программа для решения задачи супердиффузии // Чекина М.Д., Левин И.И. Зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 11.04.2023 г. Правообладатель: ООО «НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров».

Вклад Чекиной М.Д. в создание зарегистрированной программы для ЭВМ состоит в разработке алгоритмов решения задачи супердиффузии для применения на реконфигурируемых вычислительных системах.

9. Чекина, М.Д. Решение больших и сверхбольших разреженных СЛАУ на реконфигурируемых вычислительных системах // М.Д. Чекина, А.В. Подопригора / Суперкомпьютерные технологии (СКТ-2018). Материалы 5-й Всероссийской научно-технической конференции. – 2018. – Т. 1. – С. 201-204.

В работе Чекиной М.Д. проведен анализ необходимых вычислительных ресурсов для обработки больших разреженных матриц.

10. Чекина, М.Д. Реализация фрактальных алгоритмов на реконфигурируемых вычислительных системах // Суперкомпьютерные технологии: сборник трудов молодых ученых. – 2020. – С. 129-133.

11. Чекина, М.Д. Управление анализом сейсмической активности с применением модели супердиффузии радона на реконфигурируемых вычислительных системах // Материалы XIV Всероссийской Мультиконференции по проблемам управления (МКПУ-2021): в 4 т. – 2021. – Т. 2. – С. 278-280.

12. Чекина, М.Д. Решение задачи супердиффузии на реконфигурируемых вычислительных системах // Всероссийская научно-техническая конференция «Многопроцессорные вычислительные системы» (МВУС-2022). Материалы всероссийской научно-технической конференции. – 2022. – С. 155-160.

По всем работам, выполненным в соавторстве, определен личный вклад автора.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

– официального оппонента доктора технических наук, профессора, В.С. Заборовского, 3 замечания;

– официального оппонента доктора технических наук, доцента, Э.И. Ватутина, 4 замечания;

– НИВЦ МГУ, г. Москва. Отзыв подписал к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Антонов А.С., 2 замечания;

– ПАО «Радиофизика», г. Москва. Отзыв подписал к.т.н., заместитель генерального директора, генеральный конструктор предприятия Топчиев С.А., 3 замечания;

– ФГБУН «ЮНЦ РАН», г. Ростов-на-Дону. Отзыв подписали к.т.н, доцент, с.н.с. лаборатории информационных технологий и процессов управления Орда-Жигулина М.В., д.т.н., зам. председателя ЮНЦ РАН по научной работе, заведующий отделом Юрасов Ю.И., 2 замечания;

– ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону. Отзыв подписали ВРИО начальника научно-технического комплекса ФГУП «РНИИРС» Шишак В.Н., д.т.н., доцент, заместитель начальника научно-технического комплекса по науке ФГУП «РНИИРС» Касьянов А.О., 2 замечания;

- АНО «Институт инженерной физики», г. Серпухов. Отзыв подписали д.т.н. профессор, зам. генерального директора по специальным проектам АНО «Институт инженерной физики» Атакищев О.И., к.т.н., доцент, начальник научно-методического управления, ученый секретарь специального диссертационного совета Д75.1.001.02 на базе АНО «Институт инженерной физики» Коробков А.А., 1 замечание;

- АО «Концерн «Вега», г. Москва. Отзыв подписали к.т.н., заместитель директора научно-образовательного центра АО «Концерн «Вега» Филатов А.А., к.т.н., начальник научно-исследовательского отдела научно-образовательного центра АО «Концерн «Вега» Майстренко Е.В., 5 замечаний;

- ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград. Отзыв подписал к.т.н., доцент, заведующий

кафедрой «ЭВМ и системы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» Андреев А.Е., 2 замечания;

- ФГУП «РФЯЦ - ВНИИЭФ», г. Саров. Отзыв подписал д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Российского федерального ядерного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» Степаненко С.А., 1 замечание;

- ООО НТП «Криптосoft», г. Пенза. Отзыв подписал к.т.н., технический директор ООО НТП «Криптосoft» Егоров В.Ю., 1 замечание;

- ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону. Отзыв подписал к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» Донского государственного технического университета Долгов В.В., 2 замечания;

- АО «НИЦЭВТ», г. Москва. Отзыв подписал к.т.н., начальник отдела архитектуры и программного обеспечения суперкомпьютеров Акционерного общества «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники» Семенов А.С., 2 замечания.

Все отзывы положительные, во всех отзывах отмечено, что работа соответствует специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», технические науки.

Наиболее существенные замечания:

1. Автором не доказано, что использование одинарной косвенной адресации является лучшим вариантом оптимизации вычислительной структуры задачи декомпрессии изображения.

2. Автор не обосновывает выбор метода Якоби для решения на РВС задачи распространения газа во фрактальной среде, а также не рассматривает альтернативные методы решения.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их достижениями в данной отрасли науки и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Доктор технических наук, профессор Заборовский Владимир Сергеевич является специалистом в области суперкомпьютерных технологий, имеет необходимое количество публикаций в рецензируемых ведущих научных журналах по тематике диссертации, в том числе за последние 5 лет 8 публикаций в журналах из списка ВАК и в изданиях, индексируемых в базах SCOPUS и Web of Science. Д.т.н., профессор Заборовский В.С. не является членом аттестационной комиссии ЮФУ и членом диссертационного совета ЮФУ 801.02.06.

Доктор технических наук, доцент Ватутин Эдуард Игоревич является специалистом в области вычислительной техники и математического и программного обеспечения вычислительных систем, имеет необходимое количество публикаций в рецензируемых ведущих научных журналах по тематике диссертации, в том числе за последние 5 лет 13 публикаций в журналах из списка ВАК и в изданиях, индексируемых в базах SCOPUS и Web of Science. Д.т.н., доцент Ватутин Э.И. не является членом аттестационной комиссии ЮФУ и членом диссертационного совета ЮФУ 801.02.06.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие научные результаты, обладающие новизной и свидетельствующие о личном вкладе соискателя в науку:

1) метод решения на PBC параллельно-конвейерным способом задачи фрактального сжатия изображений, **отличающийся** от известных побитовой обработкой данных и сортировкой структур, содержащих выходные данные, по номеру рангового блока;

2) метод решения на PBC параллельно-конвейерным способом задачи декомпрессии сжатых изображений, **отличающийся** от известных

использованием одинарной косвенной адресации памяти, содержащей доменные блоки.

3) метод синтеза вычислительной структуры для решения на РВС задачи распространения газа во фрактальной среде, **отличающийся** от известных реализацией подобных вычислительных подграфов в конвейере, обеспечивающих возможность оптимизации вычислительной структуры для конкретной СЛАУ на основе оценки ее параметров.

Все научные результаты диссертации получены автором лично.

Теоретическая значимость исследования заключается в расширении класса эффективно решаемых на реконфигурируемых вычислительных системах задач на фрактальные вычисления; в создании метода решения на РВС параллельно-конвейерным способом задачи фрактального сжатия изображений; в создании метода решения на РВС параллельно-конвейерным способом задачи декомпрессии сжатых изображений; в создании метода синтеза вычислительной структуры для решения на РВС задачи распространения газа во фрактальной среде.

Применительно к проблематике диссертации результативно использованы: методы структурной организации вычислений на РВС; методы линейной алгебры; методы дискретизации математических моделей; методы решения систем линейных алгебраических уравнений.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные автором методы и средства обработки фракталов нашли применение при решении ряда вычислительно-трудоемких задач фрактального типа, а именно: при выполнении на РВС фрактального сжатия реальная производительность по сравнению с аналогичной реализацией для многоядерного универсального процессора повышена в 15000 раз, по сравнению с реализацией на графическом ускорителе – более, чем в 50 раз, по сравнению с существующими реализациями на ПЛИС – в 10-40 раз; при декомпрессии изображения реальная производительность повышена в 300 раз по сравнению с

аналогичными реализациями на многоядерных универсальных процессорах; при решении задачи распространения газа во фрактальной среде методом Якоби получено повышение реальной производительности на 40% по сравнению с известными способами реализации этой задачи на PBC.

Результаты диссертации внедрены в Научно-исследовательском центре Супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров (ООО «НИЦ СЭ и НК») при решении ресурсоёмких научно-технических задач, а именно:

- в рамках НИОКР «Разработка нового поколения программного обеспечения PBC для решения ресурсоёмких научно-технических задач различных предметных областей», шифр «Поколение» при реализации модельных параллельно-конвейерных программ, выполняющих обработку данных;

- в рамках НИР «Выбор направления исследований и разработки высокопроизводительных вычислительных систем «СКИФ-ГЕО» второй базовой конфигурации, обеспечивающих формирование оптимальных конфигураций аппаратных средств и программного обеспечения для решения расчетных геолого-геофизических задач», шифр «Нефть» № гос. рег. 115092410004 по договору № 2-26-06-СКИФ/НИР/15 от 22.06.2015.

Результаты внедрения отражены в акте внедрения от 21 апреля 2023г., утверждённом техническим директором ООО «НИЦ СЭ и НК».

Также результаты диссертации **использованы** в учебном процессе кафедры интеллектуальных и многопроцессорных систем (ИМС) Института компьютерных технологий и информационной безопасности (ИКТИБ) Южного федерального университета (ЮФУ), акт от 20 апреля 2023 г., утвержден директором ИКТИБ ЮФУ. Материалы диссертации используются в лекционных курсах по дисциплинам «Современные проблемы прикладной математики и информатики» (тема № 11 «Фракталы. Дробные производные») и «Математическое моделирование процессов гидрофизики на высокопроизводительных вычислительных системах» (модуль 2 «Численная реализация математических моделей гидрофизики»), для подготовки

магистров направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (образовательные программы «Прикладная математика для высокопроизводительных вычислительных систем», «Математическое моделирование в инженерных науках»).

Обоснованность и достоверность полученных в диссертационной работе научных результатов подтверждаются корректностью и непротиворечивостью математических выкладок, результатами машинных экспериментов на ряде реконфигурируемых вычислительных систем, а также внедрениями научных и практических результатов в различных организациях, что подтверждается соответствующими актами. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на российских и международных научных и научно-технических конференциях и семинарах, где Чекина М.Д. выступала с докладами по данной проблематике и получила положительный отзыв научной общественности. За цикл работ «Методы обработки фракталов на реконфигурируемых вычислительных системах» Чекиной М.Д. в 2022г. присудили премию для молодых ученых имени академика РАН А.В. Каляева (приказ Южного научного центра РАН № 1252-103 от 10.06.2022 г.).

Личный вклад соискателя состоит в выполнении всех этапов диссертационного исследования: постановке и формулировке задач исследования; проведении исследований, включая: разработку метода решения на RVC параллельно-конвейерным способом задачи фрактального сжатия изображений, отличающегося от известных побитовой обработкой данных, обеспечивающей максимальное задействование вычислительного ресурса системы, и сортировкой структур, содержащих выходные данные, по номеру рангового блока; разработку метода решения на RVC параллельно-конвейерным способом задачи декомпрессии сжатых изображений, отличающегося от известных использованием одинарной косвенной адресации для блоков памяти, содержащих доменные блоки; разработку метода синтеза вычислительной структуры для решения на RVC задачи распространения газа во фрактальной среде, отличающегося от известных

возможностью оптимизации вычислительной структуры для конкретной СЛАУ на основе оценки ее параметров и использованием подобных вычислительных подграфов в конвейере; разработку программ на языке программирования COLAMO для решения задач фрактального сжатия и декомпрессии изображений и задачи распространения газа во фрактальной среде; проведения машинных экспериментов; апробации полученных результатов и их внедрении в организациях РФ; подготовки публикаций по результатам выполненных исследований.

На заседании 22 сентября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Чекиной М.Д. ученую степень кандидата технических наук, так как в ее диссертации содержится **решение актуальной научной задачи** разработки методов и средств обработки самоподобных структур на реконфигурируемых вычислительных системах, повышающих реальную производительность РВС при решении задач фрактального типа. Предложенные автором диссертации решения строго обоснованы и оценены по сравнению с другими известными решениями. В диссертации отсутствуют заимствования без ссылок на авторов или источник заимствования. Приведены ссылки на все использованные в диссертации результаты научных работ, выполненные соискателем лично и в соавторстве. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты.

Разработанные в диссертации методы решения задач фрактального типа могут быть использованы при создании эффективных программ для РВС, связанных с обработкой самоподобных структур. В научных и прикладных результатах работы Чекиной М.Д. заинтересованы такие организации, как Южный научный центр РАН (г. Ростов-на-Дону), Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ (г. Москва), Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург).

Диссертация Чекиной Марии Дмитриевны на тему «Методы и средства обработки фракталов на реконфигурируемых вычислительных системах»

является завершенной научно-квалификационной работой, обладающей теоретической и практической значимостью, внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку и соответствует критериям положения «О присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» (в редакции от 30.11.2021 г., приказ №260-ОД) предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 10 докторов наук по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за присуждение ученой степени 16, против присуждения ученой степени «нет», недействительных бюллетеней «нет».

Председатель

диссертационного совета

Каляев Игорь Анатольевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Кухаренко Анатолий Павлович



«22» сентября 2023 г.