

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.298.18,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22 июня 2022 г. № 1

О присуждении Алаасаму Амиру Басиму Абдуламиру, гражданину Ирака, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Модели, методы и алгоритмы обработки потоков данных в туманных вычислительных средах» по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, – принята к защите 20 апреля 2022 г., протокол № 1/п, диссертационным советом Д 212.298.18, созданным на базе ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования РФ, 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель Алаасам Амир Басим Абдуламир, 28.03.1985 г. рождения, в 2021 г. освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (далее – ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»), работает старшим преподавателем, а также инженером-исследователем на кафедре системного программирования в ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», Министерство науки и высшего образования РФ.

Диссертация выполнена на кафедре системного программирования ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – Радченко Глеб Игоревич, кандидат физико-математических наук, доцент, ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» (Челябинск).

Официальные оппоненты:

- Ильин Вячеслав Анатольевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ФГБУ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (Москва);
- Сухорослов Олег Викторович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А.А Харкевича РАН» (Москва),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (Москва) в своем положительном отзыве, подписанном Воеводиным Владимиром Валентиновичем, членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук, профессором, директором научно-исследовательского вычислительного центра МГУ, указала, что диссертационная работа А.Б.А. Алаасама является завершенным научным исследованием, содержащим решение задачи планирования ресурсов, имеющей существенное значение в теории и практике планирования загрузки распределенных многоядерных вычислительных систем. Работа в полной мере отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ, в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science

опубликовано 5 работ, а также получено свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ – 1:

Публикации в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных журналов

1. Alaasam, A.B.A. Refactoring the Monolith Workflow into Independent Micro-Workflows to Support Stream Processing / A.B.A. Alaasam, G. Radchenko, A. Tchernykh // Programming and Computer Software. –2021. –Vol. 47, No. 8. –P. 591–600. DOI: 10.1134/S0361768821080077. (8 с./ 10 с.) *(Индексируется в Web of Science и Scopus)*
2. Alaasam, A.B.A. Analytic Study of Containerizing Stateful Stream Processing as Microservice to Support Digital Twins in Fog Computing / A.B.A. Alaasam, G. Radchenko, A. Tchernykh, J. L. González Compeán // Programming and Computer Software. –2020. –Vol. 46, No. 8. –P. 511–525. DOI:10.1134/S0361768820080083. (13 с./ 15 с.) *(Индексируется в Web of Science и Scopus)*
3. Alaasam, A.B.A. Micro-Workflows Data Stream Processing Model for Industrial Internet of Things / A.B.A. Alaasam, G. Radchenko, A. Tchernykh // Supercomputing Frontiers and Innovations. –2021. –Vol. 8, No. 1. –P. 82–98. DOI:10.14529/jsfi210106. (15 с./ 17 с.) *(Индексируется в Scopus)*
4. Radchenko, G. Comparative Analysis of Virtualization Methods in Big Data Processing / G. Radchenko, A.B.A. Alaasam, A. Tchernykh // Supercomputing Frontiers and Innovations. –2019. –Vol. 6, No. 1. – P. 48–79. DOI:10.14529/jsfi190107. (28 с./ 32 с.) *(Индексируется в Scopus)*
5. Алаасам, А.Б.А. Цифровые двойники в туманных вычислениях: организация обработки данных с сохранением состояния на базе микротоков работ / А.Б.А. Алаасам, Г. И. Радченко, А. Н. Черных, Х.Л. Гонсалес-Компеан // Труды Института системного программирования РАН. –2021. – Т. 33, № 1. – С. 65–80. DOI:10.15514/ISPRAS-2021-33(1)-5. (12 с./ 16 с.).
6. Алаасам, А.Б.А. Микро-потоки работ: сочетание потоков работ и потоковой обработки данных для поддержки цифровых двойников технологических процессов / А.Б.А. Алаасам, Г. И. Радченко, А. Н. Черных // Вестник

ЮУрГУ. Серия Вычислительная математика и информатика. –2019. –Т. 8, № 4. –С. 100–116. DOI:10.14529/cmse190407. (12 с. из 17 с.).

Публикация, индексируемая в Web of Science и Scopus

7. Radchenko, G. Micro-Workflows: Kafka and Kepler Fusion to Support Digital Twins of Industrial Processes / G. Radchenko, A.B.A. Alaasam, A. Tchernykh // 2018 IEEE/ACM International Conference on Utility and Cloud Computing Companion (UCC Companion). –Zurich, Switzerland: IEEE, 2018. No. 18. – P. 83–88. DOI:10.1109/UCC-Companion.2018.00039. (3 с. из 6 с.).

Публикации, индексируемые в Scopus

8. Alaasam, A.B.A. The Challenges and Prerequisites of Data Stream Processing in Fog Environment for Digital Twin in Smart Industry / A.B.A. Alaasam // International Journal of Interactive Mobile Technologies. –2021. –Vol. 15, No. 15. –P. 126–139. DOI:10.3991/ijim.v15i15.24181. (14 с. из 14 с.).
9. Alaasam, A.B.A. Stateful Stream Processing for Digital Twins: Micro-service Based Kafka Stream DSL / A.B.A. Alaasam, G. Radchenko, A. Tchernykh // 2019 International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON). –IEEE, 2019. –P. 0804–0809. DOI:10.1109/SIBIRCON48586.2019.8958367. (5 с. из 6 с.).

Все результаты, представленные в диссертационной работе, получены автором лично. Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, соответствуют персональному вкладу автора в работах, опубликованных в соавторстве. В работе [1] Г.И. Радченко принадлежит раздел 1 (введение, стр. 591–592), А.Н. Черных принадлежит раздел 2 (обзор текущего состояния исследований, стр. 592), А.Б.А. Алаасаму принадлежат все остальные результаты и разделы (стр. 592–600). В работе [2] Г.И. Радченко принадлежит раздел 1 (введение, в части описания концепции цифрового двойника и микросервисных систем, стр. 511–512), А.Н. Черных принадлежит раздел 3 (обзор работ в части описания архитектур обработки данных интернета вещей, стр. 516), Х.Л. Гонсалес-Компеану принадлежит раздел 1 (введение, в части описания туманных вычислений и систем поточной обработки данных,

стр. 512–513), А.Б.А. Алаасаму принадлежат все остальные результаты и разделы (стр. 513–525). В работе [3] Г.И. Радченко принадлежит введение (стр. 82–83), А.Н. Черных принадлежит раздел 1.2 (обзор облачных и туманных вычислений стр. 84), А.Б.А. Алаасаму принадлежат все остальные результаты и разделы (стр. 84–98). В работе [4] А.Н. Черных принадлежит введение (стр. 48–49), Г.И. Радченко принадлежит раздел 1 (обзор технологий виртуализации, стр. 49–51), А.Б.А. Алаасаму принадлежат все остальные результаты и разделы (стр. 51–79). В работе [5] Г.И. Радченко принадлежит раздел 1 (введение, в части описания концепции цифрового двойника и микросервисных систем, стр. 66), А.Н. Черных принадлежит раздел 3 (обзор литературы в части описания архитектур обработки данных интернета вещей, стр. 71), Х.Л. Гонсалес-Компеану принадлежит раздел 1 (введение, в части описания туманных вычислений и систем поточной обработки данных, стр. 67), А.Б.А. Алаасаму принадлежат все остальные результаты и разделы (стр. 68–70, 72–80). В работе [6] Г.И. Радченко принадлежит введение, разделы 2-3 (описание концепции цифрового двойника и облачной платформы для поддержки цифровых двойников, стр. 100–102, 103–105), А.Н. Черных принадлежит раздел 1 (обзор смежных работ, стр. 102–103), А.Б.А. Алаасаму принадлежат все остальные результаты и разделы (стр. 105–116). В работе [7] Г.И. Радченко принадлежат разделы 1, 3, 4 (введение, описание концепции цифрового двойника, описание облачной платформы цифровых двойников, стр. 83–85), А.Н. Черных принадлежит раздел 2 (обзор близких по тематике работ, стр. 84), А.Б.А. Алаасаму принадлежат разделы 5-8 (описание подхода микро-поточков работ, реализация и развертывание экспериментального исследования, оценка производительности микро-поточков работ, заключение, стр. 86–88). В работе [9] Г.И. Радченко принадлежит введение (стр. 0804), А.Н. Черных принадлежит раздел 2 (обзор близких по тематике работ стр. 0805), А.Б.А. Алаасаму принадлежат все остальные результаты и разделы (стр. 0805–0809).

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы от нижеперечисленных ученых.

1. П.С. Костенецкий, кандидат физ.-мат. наук, доцент, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), Начальник отдела суперкомпьютер моделирования. Замечания отсутствуют.
2. А.А. Московский, кандидат хим. наук, ЗАО «РСК Технологии», генеральный директор. Замечания: 1) не указано, чем интеграция систем Kerpler и Kafka лучше связки систем Kubernetes и Kafka; 2) неясно, чем концепция туманных вычислений отличается от концепции микросервисов; 3) неясно, могут ли предложенные в работе модели быть перенесены в другие среды, например, в Kubernetes.
3. А.В. Созыкин, кандидат техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Уральский Федеральный Университет имени Первого президента России Б.Н. Ельцина», директор Школы профессионального и академического образования Института радиоэлектроники и информационных технологий-РТФ. Замечания отсутствуют.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью их научных достижений в области распределенных и параллельных вычислительных технологий, в том числе моделей, методов, и алгоритмов организации вычислительного процесса в гетерогенных распределенных вычислительных средах для обработки больших данных. В ведущей организации действует Научно-исследовательский вычислительный центр, на базе которого созданы суперкомпьютерный комплекс и лаборатория параллельных информационных технологий.

Диссертационный совет отмечает, что **на основании выполненных соискателем исследований:**

- **разработана** новая модель микро-поток работ, ориентированная на организацию обработки данных в туманных вычислительных средах, позволяющая значительно уменьшить время задержки получения результата при обработке потоков данных;

- **предложен** новый алгоритм рефакторинга потоков работ, позволяющий преобразовать монолитный поток в набор микро-потоков, допускающих параллельное выполнение;
- **разработан** комплекс вычислительных акторов и программных утилит, обеспечивающих функционирование микро-потоков работ на базе платформы управления потоками работ Kerler и платформы обработки потоков данных Apache Kafka.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **раскрыта** проблематика обработки больших потоковых данных, выполняемой в грид-, облачных и туманных вычислительных средах, для приложений индустриального интернета вещей и цифровых двойников;
- **изучены** современные модели, методы и программные инструменты поддержки потоковой обработки больших данных;
- **дана** классификация операций обработки потоков данных;
- **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** подходы и модели организации обработки больших потоков данных в гетерогенных распределенных вычислительных средах;
- **изложена** математическая модель вычислительного потока работ, которая является основой для построения предлагаемой в диссертации модели;
- **разработан** новый подход к организации потоков работ, который включает в себя формальную модель обработки потоков данных и алгоритм преобразования монолитного потока работ в наборы слабосвязанных микро-потоков работ, позволяющий значительно уменьшить время задержки получения результата при обработке потоков данных.

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

- **создана** модель микро-потока и алгоритм, позволяющий трансформировать монолитный поток работ в слабосвязанные микро-потоки, реализованные в среде туманных вычислений, что во многих случаях может сократить задержку в получении результатов обработки;

- **разработаны и опубликованы в сети Интернет для свободного использования** новые средства программной поддержки обработки потоков данных на платформах Kepler и Apache Kafka, а также набор потоков работ для решения актуальных задач индустриального интернета вещей.
- **определены** перспективы практического использования разработанного подхода микро-потока работ для эффективной обработки больших потоковых данных в приложениях индустриального интернета вещей в туманных вычислительных средах;
- **представлены** методические рекомендации и предложения по дальнейшему совершенствованию предложенного подхода к эффективной обработке потока данных для поддержки реализации приложения индустриального интернета вещей в туманных вычислительных средах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

- **идея базируется** на критическом анализе научных публикаций по теме исследования в высокорейтинговых отечественных и зарубежных журналах;
- **подход** основан на известных проверяемых результатах и согласуется с опубликованными данными, представленными в работах российских и зарубежных ученых;
- **достоверность** полученных результатов подтверждена большим количеством вычислительных экспериментов, проведенных на случайных заданиях и заданиях многокритериальной оптимизации;
- **использованы** современные методики проведения экспериментов и анализа их результатов, гарантирующие воспроизводимость экспериментальных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в том, что соискателем **единолично**:

- разработана новый подход к организации микро-потоков работ, ориентированный на организацию обработки данных в туманных вычислительных средах, позволяющий уменьшить время задержки получения результата при обработке потоков данных;

- разработан алгоритм преобразования потоков работ, позволяющий трансформировать монолитный поток в набор микро-потоков, допускающих параллельное выполнение;
- выполнены проектирование и реализация комплекса вычислительных акторов и программных утилит, обеспечивающих функционирование микро-потоков работ на базе платформы управления потоками работ Kepler и платформы обработки потоков данных Apache Kafka;
- с помощью разработанного комплекса созданы микро-потоки работ, обеспечивающие поддержку типовых задач обработки данных, на базе которых проведены вычислительные эксперименты, подтверждающие эффективность предложенных подходов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие **критические замечания**:

1. Предложенный соискателем алгоритм рефакторинга монолитных потоков работ использует представление направленного ациклического графа потока работ в виде матрицы смежности, однако в тексте диссертации отсутствует обоснование выбора такого представления графа.
2. Один из результатов работы – интеграция ПО Kepler и Kafka. Чем это лучше связки Kubernetes и Kafka?

Соискатель А.Б.А. Алаасам **ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы** и привел собственную аргументацию:

1. Представление графа в виде матрицы смежности было выбрано мной, поскольку оно обеспечивает доступ к узлу графа за одну операцию, что дает высокую эффективность при обработке больших потоков работ.
2. Разработанные подходы могут быть полностью применены и к связке Kubernetes и Kafka.

На заседании 22 июня 2022 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи организации потоков работ в туманных вычислительных средах, имеющей значение для развития технологий распределенной обработки данных большого объема, присудить А.Б.А. Алаасаму ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 13, против 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Л.Б. Соколинский

М.Л. Цымблер

22 июня 2022 г.