

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

доктора физико-математических наук Ильина Вячеслава Анатольевича на диссертационную работу АЛААСАМА Амира Басима Абдуламира «Модели, методы и алгоритмы обработки потоков данных в туманных вычислительных средах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

### **Актуальность темы исследования**

В настоящее время мы переживаем взрывное развитие технологий *интернета вещей* (IoT). Одним из ключевых базовых элементов IoT концепции являются *цифровые двойники* – программно-информационные копии реальных структур (инженерно-технических объектов, действующих в сложной внешней экономической и инженерной среде). Одной из актуальных проблем на текущем этапе является создание эффективных методов сбора данных от цифровых двойников, а также передачи и анализа потоков этих данных, в режиме реального времени. В рамках концепции облачных вычислений эта проблема не решается в силу двух факторов, как минимум. Первый связан с гигантским объемом данных, которые необходимо обработать и проанализировать, на порядки большие, чем масштаб, для которого создавалась технология облачных вычислений. Второй фактор не имеет аналогов – для получения результата, значимого для конечного потребителя, в облачных вычислениях используется небольшой спектр типов данных и, соответственно, ограниченный набор типов вычислительных средств. Ситуация для IoT резко другая – отсюда, в частности, и запрос на следующее поколение сетевых инфраструктур (5G-6G), и (принципиально) новые требования к вычислительным (точнее, информационным) инфраструктурам. Диссертационная работа А.Б.А. Алаасама направлена на решение важной составляющей этой общей проблемы, что и определяет высокую актуальность решения поставленных в этой работе задач.

### **Цель, задачи и основные результаты исследования**

*Цель* диссертационного исследования - разработка новой концепции организации потоков вычислительно-информационных заданий. Заметим, что в диссертации используется термин *работы*, что, по нашему мнению, является

калькой из англоязычной литературы по проблематике диссертации – в русскоязычной литературе есть термин *задание*, более адекватный для обсуждаемых в диссертации решений. В дальнейшем мы будем придерживаться терминологии, использованной в диссертации.

В диссертации, для IoT информационно-вычислительной инфраструктуры предлагается использовать парадигму *туманных вычислений*. Заметим, что термин *туманные вычисления*, на текущий момент, является плохо определенным. В литературе он используется для обозначения различных инновационных конструкций для современных ИТ-инфраструктурных построений, в частности и для решения проблем, связанных с вышеизложенными двумя факторами. Поэтому, в этом отзыве, под *туманными вычислениями* мы будем понимать вычислительно-информационные инфраструктурные подходы, направленные на эффективное решение вышеизложенных двух проблемных факторов.

Для достижения указанной цели диссертант поставил следующие *задачи* (в этом перечне мы позволили себе несколько скорректировать формулировки):

- 1) анализ известных в литературе методов обработки потоковых данных, которые можно соотнести с концепцией туманных вычислений;
- 2) разработка математической модели организации потоков работ, ориентированной на эффективную обработку потоков данных в туманных вычислительных средах;
- 3) разработка алгоритма преобразования (рефакторинга) монолитного (сложно структурированного) потока работ для конкретной прикладной задачи в наборы независимых потоков работ (*микро-потоков*), более однородных и простых по структуре, в совокупности обеспечивающих требуемый конечный результат;
- 4) разработка комплекса программных компонентов и утилит для обработки потоков данных в туманных вычислительных средах на основе концепции микро-потоков;
- 5) проведение вычислительных экспериментов для оценки эффективности предложенной микро-поточковой концепции.

В ходе диссертационной работы при решении поставленных задач были получены следующие *результаты*.

1. Разработана новая концепция микро-потоков работ, ориентированная на организацию обработки данных в туманных вычислительных средах, позволяющая значительно уменьшить время задержки получения конечного результата.
2. Разработан алгоритм рефакторинга потоков работ, позволяющий преобразовать монолитный поток в набор микро-потоков, допускающих параллельное выполнение.
3. Разработан комплекс вычислительных акторов и программных утилит, обеспечивающих выполнение микро-потоков работ на базе платформы управления потоками работ Kepler и платформы обработки потоков данных Apache Kafka.
4. С помощью разработанного комплекса создан набор базовых микро-потоков работ, обеспечивающих поддержку типовых прикладных задач обработки данных в туманных вычислительных средах. На этой базе проведены вычислительные эксперименты, подтверждающие эффективность предложенных подходов.

#### **Соответствие специальности**

Решенные в диссертации задачи и полученные результаты относятся к разработке новой концепции организации потоков работ, включая математическую модель, методы и алгоритмы обработки данных в распределенных вычислениях, что соответствует специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

#### **Содержание текста и автореферат диссертации**

Диссертация включает в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы и два приложения (основные аббревиатуры и обозначения в диссертации). Объем диссертации 147 страниц, объем библиографии 150 источников.

*Во введении* обоснованы актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыты новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

*В первой главе* рассмотрены понятия обработки потоков данных в туманных вычислительных средах применительно к системам интернета вещей цифровой индустрии и цифровым двойникам. Дан обзор подходов к разбиению потоков работ и к проектированию программных систем для обработки потоков данных в туманных средах.

*Во второй главе* описана математическая модель микро-потоков работ для обработки потоков данных в туманных вычислительных средах. В модель входит алгоритм преобразования зависимостей в монолитном потоке в набор независимых микро-потоков работ.

*В третьей главе* представлено описание программных компонентов поддержки реализации модели микро-потоков работ.

*В четвертой главе* представлены результаты экспериментов по исследованию эффективности модели микро-потоков работ.

*В заключении* изложены полученные результаты исследования, рекомендации по их практическому использованию и перспективы дальнейших исследований по проблематике диссертации.

*Автореферат диссертации* полно и верно отражает ее содержание.

### **Обоснованность и достоверность результатов**

Обоснованность и достоверность результатов диссертации подтверждается данными вычислительных экспериментов, которые проведены в строгом соответствии со стандартами, принятыми в современной научной литературе по проблематике проведенных исследований.

### **Научная новизна результатов**

Предложена и обоснована новая концепция организации потоков работ для выполнения в туманных вычислительных средах - *концепция микро-потоков работ*. Эта концепция реализована в формате вычислительной модели и алгоритмов. Показана эффективность концепции микро-потоков работ для об-

работки потоков данных в туманных вычислительных средах – на характеристических приложениях получено сокращение на порядки временной задержки получения конечного результата.

### **Теоретическая значимость и практическая ценность**

*Теоретическая значимость* исследования состоит в универсальности математической реализации предложенной концепции микро-потоков работ в составе формальной модели организации обработки данных и алгоритме рефакторинга монолитных потоков работ в наборы независимых микро-потоков работ – эта универсальность имеет высокий потенциал эффективного решения различных прикладных задач в туманных вычислительных средах.

*Практическая ценность* исследования состоит в том, что реализация концепции микро-потоков работ в виде программных акторов и набора утилит на основе системы управления потоками работ Kepler и платформы обработки потоков данных Apache Kafka, готова для применения в современных системах туманных вычислений для решения массовых прикладных задач по запросу реальных секторов экономики.

### **Публикации и апробация результатов**

По теме диссертации соискателем опубликовано 5 статей в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science, 6 статей – в журналах, включенных в Перечень ВАК, и получена государственная регистрация программ для ЭВМ. Публикации полно отражают основные результаты диссертационной работы. По результатам диссертации соискателем сделаны доклады на четырех международных научных конференциях.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Диссертация А.Б.А. Алаасама является законченной научно-квалификационной работой, ключевым результатом которой является разработка новой концепции организации потока работ (вычислительно-информационных заданий) для отдельных прикладных задач за счет разбиения на набор независимых микро-потоков, что позволяет эффективно реализовывать этот набор в туманных вычислительных средах. Этот результат имеет высокую научную значимость для решения проблемы создания новых технологий распределенной обработки потоков данных в парадигме IoT.

Диссертация в полной мере соответствует требованиям Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, включая п. 9, а ее автор, Амир Басим Абдуламир Алаасам, достоин присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Главный научный сотрудник  
КК НБИКС-природоподобных технологий,  
ФГБУ Национальный исследовательский  
центр «Курчатовский институт» (г. Москва),  
доктор физ.-мат. наук



В.А. Ильин

Контактные данные:

тел: +7 (915) 016-00-48

Email: [ilyin0048@gmail.com](mailto:ilyin0048@gmail.com)

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация: 01.04.02 «Теоретическая физика»

Адрес места работы: 123182 Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1

тел: +7 (499) 196-95-39, Email: [ilyin\\_va@nrcki.ru](mailto:ilyin_va@nrcki.ru)

20 мая 2022 г.

Подпись сотрудника НИЦ «Курчатовский институт» Ильина В.А. заверяю  
Главный ученый секретарь НИЦ «Курчатовский институт»  
д.м.н.



К.А. Сергунова

## СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ


диссертации Алаасама А.Б.А. «Модели, методы и алгоритмы обработки потоков данных в туманных вычислительных средах» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

<b>Фамилия, имя, отчество</b>	Ильин Вячеслав Анатольевич
<b>Ученая степень (с указанием номера и шифра специальности)</b>	Доктор физико-математических наук, 01.04.02
<b>Ученое звание</b>	
<b>Организация основного места работы</b>	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”»
<b>Ведомственная принадлежность</b>	Правительство Российской Федерации
<b>Занимаемая должность</b>	Главный научный сотрудник
<b>Почтовый адрес</b>	123182, г. Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1. ФГБУ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
<b>Телефон</b>	+7 (499) 196-95-39
<b>Адрес электронной почты</b>	<a href="mailto:ilyin_va@nrcki.ru">ilyin_va@nrcki.ru</a>

### Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях

1. Sobolev, E., et. al. Megahertz single-particle imaging at the European XFEL // Communications Physics, 3 (1), Article 97, 2020. DOI: 10.1038/s42005-020-0362-y
2. Bobkov, S.A., Teslyuk, A.B., Baymukhametov, T.N., Pichkur, E.B., Chesnokov, Y.M., Assalauova, D., Poyda, A.A., Novikov, A.M., Zolotarev, S.I., Ikonnikova, K.A., Velikhov, V.E., Vartanyants, I.A., Vasiliev, A.L., Ilyin, V.A. Advances in Modern Information Technologies for Data Analysis in CRYO-EM and XFEL Experiments // Crystallography Reports, 65 (6), pp. 1081-1092. 2020. DOI: 10.1134/S1063774520060085

3. Assalauova, D., et.al. An advanced workflow for single-particle imaging with the limited data at an X-ray free-electron laser // IUCrJ, 7, pp. 1102-1113. 2020. DOI: 10.1107/S2052252520012798
4. Teslyuk, A., Bobkov, S., Poyda, A., Novikov, A., Velikhov, V., Ilyin, V. Development of Experimental Data Processing Workflows Based on Kubernetes Infrastructure and REANA Workflow Management System // Communications in Computer and Information Science, 1331, pp. 563-573. 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-64616-5\_48
5. Tesliuk, A., Bobkov, S., Ilyin, V., Novikov, A., Poyda, A., Velikhov, V. Kubernetes container orchestration as a framework for flexible and effective scientific data analysis // Proceedings - 2019 Ivannikov ISPRAS Open Conference, ISPRAS 2019, pp. 67-71. 2019. DOI: 10.1109/ISPRAS47671.2019.00016
6. Ikonnikova, K.A., Teslyuk, A.B., Bobkov, S.A., Zolotarev, S.I., Ilyin, V.A. Reconstruction of 3D structure for nanoscale biological objects from experiments data on super-bright X-ray free electron lasers (XFELs): Dependence of the 3D resolution on the experiment parameters // Procedia Computer Science, 156, pp. 49-58. 2019. DOI: 10.1016/j.procs.2019.08.129
7. Bobkov, S.A., Teslyuk, A.B., Zolotarev, S.I., Rose, M., Ikonnikova, K.A., Velikhov, V.E., Vartanyants, I.A., Ilyin, V.A. Software Platform for European XFEL: Towards Online Experimental Data Analysis // Lobachevskii Journal of Mathematics, 39 (9), pp. 1170-1178. 2018. DOI: 10.1134/S1995080218090093
8. Pichkur, E., Baimukhametov, T., Teslyuk, A., Orekhov, A., Kamyshinsky, R., Chesnokov, Y., Ilyin, V., Vasiliev, A., Velikhov, V. Towards on-the-fly Cryo-Electron Microscopy Data Processing by High Performance Data Analysis // Journal of Physics: Conference Series, 955 (1), Article 012005, 2018. DOI: 10.1088/1742-6596/955/1/012005
9. Boos, E.E., Bunichev, V.E., Dubinin, M.N., Ilyin, V.A., Savrin, V.I. CompHEP: Developments and applications // Journal of Physics: Conference Series, 920 (1), Article 012007, 2017. DOI: 10.1088/1742-6596/920/1/012007
10. Polyakov, A., Kokovin, D., Poyda, A., Zhizhin, M., Andreev, A., Govorov, A., Ilyin, V. Toolkit for intensive work with metadata in specialized information systems // Procedia Computer Science, 119, pp. 59-64. 2017. DOI: 10.1016/j.procs.2017.11.160

 / ИЛЬИН В.А. /