

## ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета Богданова Александра Владимировича о диссертации Пряхиной Дарьи Игоревны на тему **«Цифровые двойники для решения задач управления и развития распределенных центров сбора, хранения и обработки данных»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Создание распределенных центров сбора, хранения и обработки данных (далее РЦОД) является яркой тенденцией построения инфраструктуры для комплексных научных исследований. Отличительная черта создания ЦОД для науки состоит в невозможности заранее выставить требования к архитектуре и оборудованию и, следовательно, составить точное техническое задание на его создание. А проведение экспериментов и отладка компонент архитектуры зачастую не возможно как по финансам, так и по срокам запуска. Для решения этой задачи все чаще применяется технология цифровых двойников (далее ЦД). Особенно это актуально для решения задач проектирования и развития распределенных систем, которые используются для сбора, хранения и обработки данных различных научных экспериментов. Возможности существующих методов и ЦД ограничены и не учитывают все процессы, происходящие в распределенных центрах сбора, хранения и обработки данных, включая стратегии управления потоками задач, а также параметры потоков данных для хранения и обработки. Поэтому диссертационное исследование, которое направлено на разработку метода и алгоритмов создания ЦД для описания распределенных систем, принятия решений по выбору конфигураций оборудования в рамках задачи масштабирования и развития РЦОД, управления ресурсами и процессами, является своевременным актуальным.

Представленная диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и пяти приложений. Структура, содержание, оформление диссертации в полной мере отвечают требованиям, предъявляемым к диссертационным исследованиям.

В настоящей диссертации получен целый ряд результатов, направленных на решение поставленной задачи,

— Разработан новый метод построения цифровых двойников РЦОД, который в отличие от существующих выполняет моделирование распределенных центров с учетом характеристик потоков задач и данных для хранения и обработки, а также вероятностей появления изменений в процессах, происходящих в РЦОД. Теоретическая часть исследования проведена с использованием принципов системного подхода и методов системного анализа.

— На основе теоретических исследований реализованы алгоритмы, структура базы данных и веб-интерфейс пользователя для построения и запуска ЦД, а также для предоставления графической информации о результатах его работы. На основе созданных моделей, методов и алгоритмов разработано специальное программное обеспечение (далее СПО), позволяющее сравнивать эффективность функционирования РЦОД в зависимости от различных конфигураций оборудования.

— Проведена верификация и опытная эксплуатация СПО на примерах проектирования, управления и развития вычислительных инфраструктур реальных экспериментов, проводимых в Объединенном институте ядерных исследований (далее ОИЯИ).

Научные результаты проведенного исследования, выводы и рекомендации достоверны и обоснованы, что подтверждается актами о применении разработанных методов при проектировании и развитии вычислительных инфраструктур для крупных экспериментов в области физики высоких энергий. Материал изложен полно и в логической последовательности.

Научная новизна диссертации заключается в том, что автор предложил и разработал метод построения и использования цифровых двойников РЦОД, отличительной особенностью которого является возможность моделирования процессов обработки и хранения данных, учитывая характеристики потоков данных и задач, вероятности сбоев, отказов и изменений в производительности оборудования и других процессов. Для реализации метода разработаны и созданы алгоритмы описания инфраструктуры распределенной системы и формирования ее виртуального образа. В итоге разработана проблемно-ориентированная система принятия решений для задач управления и оптимизации с целью улучшения технических характеристик РЦОД на основе моделей ЦД, которая применялась для научного обоснования конфигурации РЦОД для экспериментов VM@N и SPD комплекса NICA (ОИЯИ).

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии метода моделирования распределенных вычислительных систем, которые используются для хранения и сложной обработки большого объема данных. Доказана применимость разработанной в диссертации методологии для создания цифровых двойников РЦОД на основе результатов верификации модели вычислительной инфраструктуры существующего эксперимента.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что полученные результаты применены для повышения эффективности функционирования, качества и надежности сложных систем сбора, хранения и обработки данных. На разработанное специальное программное обеспечение (далее СПО) получено свидетельство о государственной регистрации.

Результаты диссертации опубликованы в научных изданиях по спискам ВАК, а также индексированных в Scopus. Основные научные результаты были представлены на российских и международных научных конференциях, в том числе на совещаниях коллаборациях экспериментов VM@N и SPD комплекса NICA.

7. Диссертация соответствует пунктам 2, 3, 5, 9, 11, 12 паспорта научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

К диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. В сформулированном методе построения цифровых двойников РЦОД (раздел 2.3) описывается процесс выбора конфигурации оборудования, который основан на определении только одного наиболее предпочтительного критерия. Примеры решения задачи поддержки принятия решения при наличии нескольких критериев в диссертации отсутствуют.

2. В диссертации описан широкий класс задач, для которых может применяться разработанное СПО, но все они рассматриваются в рамках экспериментов на комплексе NICA. Было бы интересно увидеть результаты использования разработки для построения цифровых двойников для других прикладных задач.

При этом, следует отметить, что перечисленные замечания не снижают научной ценности и положительной оценки диссертационного исследования.

Диссертация представляет собой важное методическое достижение, в котором получены новые результаты, представлены аргументированные и достоверные выводы и рекомендации, отраженные в научных публикациях.

Диссертация Пряхиной Дарьи Игоревны на тему: «Цифровые двойники для решения задач управления и развития распределенных центров сбора, хранения и обработки данных» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Пряхина Дарья Игоревна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

**Председатель диссертационного совета**

*д.ф.-м.н., профессор,  
профессор кафедры фундаментальной  
информатики и распределенных систем,  
Санкт-Петербургский государственный университет*



Богданов А.В.

31.10.2024