

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию и автореферат Мартыненко Бориса Витальевича на тему «Модели и алгоритмы интеллектуальной поддержки управления рабочей нагрузкой систем обработки информации на основе ретроспективных данных», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Актуальность темы

Необходимость проактивного управления рабочей нагрузкой виртуализированных центров обработки данных (ВЦОД) возникает в различных областях эксплуатации информационно-вычислительной инфраструктуры. Непрерывный рост объёмов потребляемых вычислительных ресурсов, усложнение профилей нагрузок при использовании технологий контейнеризации и микросервисных архитектур, а также жёсткие требования к соблюдению соглашений об уровне обслуживания (SLA) делают задачу прогнозирования рабочей нагрузки стратегически важной для служб администрирования ВЦОД.

Существенной проблемой при построении прогнозирующих моделей является зашумлённость временных рядов показателей рабочей нагрузки, порождаемая как внешними (конкуренция виртуальных машин за разделяемые аппаратные ресурсы – эффект «NoisyNeighbours»), так и внутренними (кумулятивная деградация программного стека ВЦОД – эффект «SoftwareAging») факторами. Применяемые в промышленных системах модели класса SVM-ARIMA не позволяют в полной мере охватить нелинейную нестационарную динамику временных рядов рабочей нагрузки. Марковские одномерные и двухсвязные модели случайных процессов обладают широкой универсальностью, однако их статистическая природа также накладывает ограничения на точность прогноза.

Актуальность работы обосновывается необходимостью исследования и разработки новых эффективных алгоритмов прогнозирования рабочей нагрузки ВЦОД на основе гибридных моделей глубокого обучения, устойчивых к влиянию факторов зашумления ретроспективных данных.

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов

Степень обоснованности научных положений и выводов, представленных автором в диссертационной работе, определяется

корректным использованием известных научных методов и проанализированных теоретических подходов.

Автор эффективно использовал, применительно к решаемой задаче, методы теории сигналов и преобразования Гильберта-Хуанга, математический аппарат нейронных сетей, теории принятия решений, а также методы математического программирования и моделирования.

Для подтверждения теоретических положений автором корректно проведены исследования полученных результатов с применением кросс-валидационного распределения выборок. Таким образом, приведённые обоснования в совокупности позволяют сделать вывод, что теоретические исследования, проведённые в ходе написания диссертации, и являются обоснованными.

Научная новизна

Диссертационная работа содержит следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

- модель модовой декомпозиции временного ряда рабочей нагрузки, основанная на совместном двухэтапном применении методов КДЭМАШ и ДВМ, отличающаяся тем, что вторичной вариационной декомпозиции подвергается базовая высокочастотная КМФ₁-функция, обеспечивающая снижение влияния факторов зашумления на результирующее множество модовых функций;

- комплексный алгоритм предварительной обработки временного ряда рабочей нагрузки, отличающийся наличием этапа кластеризации значимых мод по выборочной энтропии (SampEn) с применением метода K-средних и последующей вторичной вариационной декомпозицией, обеспечивающей формирование обучающей и тестовой выборок;

- гибридный алгоритм прогнозирования рабочей нагрузки для системы глубокого обучения, отличающийся ансамблем трёх 1D-CNN с ядрами различной размерности ($c = 2, 4, 8$) для разномасштабного выделения признаков шаблонов нагрузки и каскадом двух Bi-LSTM с attention-механизмом, обеспечивающим получение разномасштабных прогнозных значений;

- архитектура системы прогнозирования рабочей нагрузки ВЦОД, отличающаяся интеграцией модуля предварительной обработки и гибридной модели глубокого обучения в единой среде MatLab/Simulink, обеспечивающая классификацию шаблонов нагрузки и формирование прогнозных значений с заданной достоверностью.

Результаты, полученные в диссертационном исследовании, являются актуальными, достоверными и соответствуют требованиям Положения ВАК России. Содержание диссертации соответствует п.п. 4, 5, 6 паспорта специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Основные результаты диссертации опубликованы в 24 печатных работах, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 1 статья в издании, индексируемом в WoS, получено 12 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ в ФИПС. Публикации наглядно отражают содержание диссертации.

Автореферат подробно отражает основное содержание диссертации. Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на международных, российских тематических конференциях и семинарах.

Основные результаты исследований внедрены в ФГУП «НТЦ «Орион» (г. Москва), ООО «НТЦ «Разработка сложных систем» (г. Орёл), а также в учебный процесс МТУСИ.

Результаты проведённых исследований позволяют более эффективно осуществлять проактивное управление рабочей нагрузкой ВЦОД на основе гибридных моделей глубокого обучения, обеспечивая снижение влияния факторов зашумления временных рядов и получение разномасштабных прогнозных значений показателей загрузки.

Практическая значимость заключается в разработке программного комплекса системы прогнозирования рабочей нагрузки ВЦОД, реализованного в среде MatLab/Simulink на базе пакетов Signal Processing Toolbox и Deep Learning Toolbox, а также информационного и программного обеспечения для экспериментальной оценки качества разработанных методов и алгоритмов. На программный комплекс получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (ФИПС № 2026613698 от 09.02.2026).

Структура диссертации

Результаты исследования изложены последовательно, с соблюдением логической структуры. Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения. Её основное содержание изложено на 125 страницах основного текста. Библиографический список содержит 130 наименований. Содержание автореферата достаточно полно отражает основные результаты и выводы диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе:

1. **Не исследовано влияние объёма обучающей выборки на качество прогноза.** В диссертации три серии эксперимента различаются долей обучающей выборки (25%, 50%, 75%), однако не определяется минимально необходимый объём данных для достижения заданного качества прогноза и не исследуется поведение модели при объёмах ниже 25% – что может быть существенно для вновь вводимых в эксплуатацию ВЦОД с ограниченной историей мониторинга.

2. **Отсутствует сравнение с современными методами декомпозиции временных рядов.** Выбор методов КДЭМАШ и ДВМ обоснован, однако в диссертации не представлено сравнение с альтернативными подходами – сезонно-трендовой декомпозицией (STL/MSTL) и моделью Prophet, – что не позволяет объективно оценить вклад именно декомпозиционного этапа в достигаемое качество прогнозирования.

3. **Не исследована устойчивость модели к концепт-дрейфу.** Рабочая нагрузка реального ВЦОД подвержена изменению статистических характеристик временного ряда вследствие появления новых сервисов или смены пользовательских паттернов. В диссертации не рассматривается, как деградирует точность прогноза при смене режима работы ВЦОД после завершения процесса обучения, и при каком отклонении распределения входных данных деградация становится критической.

4. **Не описана процедура дообучения и обновления модели в условиях эксплуатации.** Диссертация описывает однократное обучение на фиксированных выборках, однако не рассматриваются процедуры инкрементального дообучения, критерии принятия решения о необходимости переобучения и оценка времени, требуемого для переобучения в режиме реального функционирования системы.

5. **Не раскрыт конкретный механизм реализации attention-слоя.** В диссертации attention-слой упоминается как элемент, обеспечивающий перераспределение весовых коэффициентов, однако не указывается, какой именно вариант механизма внимания использован (dot-product, Bahdanau или self-attention).

6. **В диссертации имеются отдельные стилистические погрешности.** В ряде разделов встречаются незначительные неточности в нумерации ссылок на рисунки и несоответствия в обозначениях формул, которые затрудняют чтение, но не влияют на содержание работы.

Отмеченные недостатки и замечания в целом не ставят под сомнение научную новизну, теоретическую и практическую значимость, а также достоверность научных результатов.

Заключение

Диссертация Мартыненко Бориса Витальевича является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно. В ней изложены научно обоснованные технические решения, заключающиеся в разработке моделей и алгоритмов интеллектуальной поддержки управления рабочей нагрузкой виртуализированных центров обработки данных на основе ретроспективных данных.

Актуальность избранной темы, глубина проработки всего комплекса частных задач, научная и практическая значимости полученных результатов, обоснованность выводов свидетельствуют о том, что диссертационная работа соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика», а её автор, Мартыненко Борис Витальевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой

«Системы информационной безопасности»

Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего

образования «Брянский государственный

технический университет»

доктор технических наук, профессор

Рытов Михаил Юрьевич

« 17 » апреля 2026 г.



241035, Брянская обл., г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, д. 7, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Тел.: +7 (910) 330-02-37

Email: rmy@tu-bryansk.ru

