



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника академии
по учебной и научной работе
генерал-майор

А. Сапрыкин

« 2 » 04 2026 г.

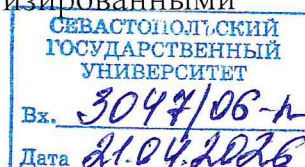
ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Мустафаевой Мерьем Ибраимовны
«Модели поддержки принятия решений по повышению производительности
критических баз, данных», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Диссертационная работа Мустафаевой М.И. посвящена решению актуальной научно-технической задачи, заключающейся в разработке методов повышения производительности критических баз, данных (КБД) в условиях высоких динамических нагрузок и стохастических возмущений. Эти условия характерны и для систем управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), а также беспилотными транспортными средствами (БТС). Для различных отраслей экономики, обороны и связи – надежность и эффективность обработки данных в реальном времени становятся критическими факторами, определяющими безопасность и устойчивость функционирования объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ).

В области военной связи и оборонных систем предложенные в диссертации решения приобретают особую значимость, поскольку предложены определенные решения для обеспечения устойчивости информационного обмена, например, между командными пунктами и беспилотными летательными аппаратами в условиях жестких временных ограничений и высоких динамических нагрузок. Надежность и оперативность обработки критически важных данных в системах различного назначения напрямую определяют эффективность принятия решений в реальном времени, что делает разработанные модели и методы поддержки принятия решений востребованными для создания перспективных автоматизированных систем управления войсками и роботизированными комплексами.



Существующие подходы к оптимизации производительности КБД, как правило, ориентированы на отдельные аспекты проблемы (индексация, кэширование, денормализация и др.) и не учитывают в полной мере совокупное влияние архитектурных, вычислительных, сетевых и случайных факторов. В связи с этим разработка комплексного подхода, включающего полимодельное представление, многокритериальную оптимизацию и гибридные численные методы для управления производительностью КБД, является актуальной и имеет определенное значение для развития теории и практики математического моделирования информационных систем.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ОЦЕНКА ЦЕЛОСТНОСТИ И ЗАВЕРШЕННОСТИ

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы (113 наименований) и трех приложений. Работа изложена на 160 страницах, содержит 39 рисунков и 11 таблиц, что достаточно отражает ход и результаты исследования.

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ предметной области; классифицированы отрасли применения КБД, рассмотрены существующие подходы к повышению производительности: структурные (денормализация), программные (оптимизация запросов), аппаратные и организационные; выявлены «узкие места» реляционных баз данных при обработке сложных запросов (таких, как JOIN, BLOB) в высоконагруженных системах. Обоснован выбор видов беспилотных технологий (БПЛА, БТС) в качестве ключевой области для практической апробации результатов.

Во второй главе предложено многоуровневое представление временных составляющих модели производительности КБД, позволяющее формализовать сложный характер задержек в системах «БПЛА-ДЦ»; выполнена формализованная постановка задачи многокритериальной оптимизации запросов с использованием Парето-подхода. Ключевым результатом здесь является разработка полимодельного комплекса, интегрирующего аналитические, имитационные и функциональные модели.

В третьей главе представлена реализация имитационной модели в среде AnyLogic, учитывающей категоризацию транзакций (SELECT, JOIN, BLOB), различные конфигурации серверов (производительный, стандартный, слабый) и каналы передачи. Результаты моделирования (распределение времени обработки, длины очередей) демонстрируют нелинейный рост времени ответа при увеличении нагрузки и сложности запросов.

В четвертой главе разработан гибридный численный метод, сочетающий алгоритм ветвей и границ для глобального поиска и нейросетевую модель для прогнозирования производительности. Представлена программная реализация на языке Python с использованием PyTorch, а также архитектура системы поддержки принятия решений (СППР).

В пятой главе приведены результаты экспериментальных исследований. Подтверждено существенное влияние типа операции JOIN на производительность (различие во времени выполнения между INNER и FULL JOIN достигает 43,9%). Экспериментально доказана эффективность разработанных моделей и СППР на примерах мониторинга сельскохозяйственных угодий и транспортного обслуживания парково-рекреационной зоны; проведено краткое обоснование экономической эффективности предложенных решений.

В заключении сформулированы основные итоги работы, подтверждающие достижение поставленной цели. Приложения содержат листинги SQL-запросов, фрагменты кода Python для гибридного метода и акты внедрения, что подтверждает практическую реализацию результатов.

Диссертация обладает внутренним единством, логической последовательностью изложения и завершенностью, что проявляется в согласованности поставленных задач, разработанных моделей и методов с полученными экспериментальными результатами и выводами.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ И ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ПАСПОРТУ НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

1. Разработан полимодельный комплекс для анализа и оптимизации КБД, интегрирующий структурные (денормализация), программные (индексация) и имитационные модели в единую сценарную структуру. В отличие от существующих решений, рассматривающих указанные аспекты изолированно, предложенный комплекс позволяет формализовать представление данных и создать инструментальную основу для имитационного моделирования высоконагруженных КБД в условиях динамических нагрузок.

2. Получила дальнейшее развитие многокритериальная математическая модель оптимизации производительности запросов различных типов к КБД, которая, в отличие от известных аналогов, базируется на иерархическом представлении времени выполнения и учитывает эндогенные и экзогенные факторы. Это позволило реализовать сценарный подход к адаптивному выбору стратегий выполнения запросов в системах «БПЛА и БТС – диспетчерский центр».

3. Впервые предложен гибридный численный метод оптимизации производительности КБД, комбинирующий метод ветвей и границ для глобального поиска с нейросетевой моделью для прогнозирования времени выполнения запросов. Метод позволяет эффективно решать многопараметрические задачи настройки КБД в условиях неопределенности и динамических нагрузок, что подтверждено экспериментально (снижение функции потерь на 78,34%, $MSE = 0,0039$).

4. На основе разработанных моделей и методов создан комплекс программ в составе системы поддержки принятия решений для регулирования нагрузок КБД при информационном взаимодействии в системах «БПЛА/БТС – диспетчерский центр».

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» в следующих областях исследования:

- разработка новых математических методов и алгоритмов моделирования объектов и систем (полимодельный комплекс, многокритериальная модель оптимизации);
- разработка и исследование численных методов решения прикладных задач (гибридный метод ветвей и границ с нейросетевым прогнозированием);
- создание комплексов программ для решения задач математического моделирования (СППР для регулирования нагрузок КБД).

СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Достоверность полученных результатов обеспечивается: корректным использованием апробированных методов математического и имитационного моделирования, теории оптимизации и машинного обучения; согласованностью теоретических выводов с результатами вычислительных экспериментов (около 1000 тестовых прогонов) и статистической обработкой данных; внедрением разработанных моделей и программного комплекса в учебный процесс ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» и в деятельность ООО «Крым Диджитал», что подтверждено соответствующими актами; апробацией основных положений работы на авторитетных международных и всероссийских конференциях, а также публикациями в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК (4 статьи в научных журналах по специальности 1.2.2).

Практическая ценность диссертационной работы заключается в создании действующего программного комплекса и методического аппарата, позволяющих:

- повысить производительность и надежность взаимодействия беспилотных аппаратов с диспетчерским центром за счет оптимизации запросов к КБД и прогнозирования их выполнения;
- обеспечить эффективное регулирование нагрузок на КБД в условиях реального времени, что критически важно для устойчивой работы интегрированной системы «БПЛА/БТС – диспетчерский центр»;
- сократить время выполнения сложных запросов (JOIN) в 1,8–2,2 раза, а общее время обработки сценариев на 18–22%;
- снизить среднюю задержку ответа системы с 0,102 до 0,074 секунды для 90% нагрузки при автоматическом перераспределении запросов.

Результаты работы внедрены в деятельность ООО «Крым Диджитал», где предложенные модели и алгоритмы позволили повысить качество ситуационного прогнозирования при выработке решений в процессах проектирования и эксплуатации сетей предприятия, а также в учебный процесс кафедры «Информационные технологии и системы» ФГАОУ ВО СевГУ.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

В ходе анализа диссертационной работы возникли следующие замечания, носящие, возможно, дискуссионный характер и не снижающие общей положительной оценки исследования:

1. Экспериментальная часть работы выполнена с использованием конкретных программных продуктов: СУБД Oracle, инструмента DBeaver, среды имитационного моделирования AnyLogic. В диссертации недостаточно подробно обсуждается, насколько полученные результаты (временные характеристики, эффективность оптимизации) могут варьироваться при использовании других СУБД (например, PostgreSQL, MS SQL Server) или иных инструментов; каковы границы обобщения полученных результатов и какие усилия потребовались бы для адаптации предложенного подхода к другим платформам, что имеет значение для потенциального тиражирования разработки.

2. Разработанная имитационная модель и гибридный метод оптимизации апробированы на данных, характеризующихся определенной структурой запросов. В диссертации не приведен анализ того, насколько предложенные алгоритмы адаптируются к изменению профиля нагрузки (например, резкому увеличению доли сложных JOIN-запросов или появлению новых типов транзакций) без существенного переобучения нейросетевой модели. Этот аспект важен для оценки применимости метода в условиях эксплуатации, где характер нагрузки может существенно меняться во времени. Кроме того, применение нейросетевой модели для прогнозирования времени выполнения запросов, не гарантирует получение оптимального решения задачи методом ветвей и границ.

3. В разделе 4.2 приведена архитектура нейросетевой модели (три скрытых слоя с размерами 128, 64, 32 нейрона). В работе не представлено обоснование выбора именно этой архитектуры. Отсутствуют результаты сравнительных экспериментов с другими конфигурациями (например, с меньшим числом слоев, иными функциями активации или с использованием сверточных/рекуррентных архитектур), что позволило бы подтвердить оптимальность выбранной структуры для решаемой задачи прогнозирования времени выполнения запросов.

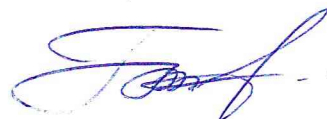
4. Имеются досадные опiski (пункты 1.3 и 2.5 в оглавлении указаны дважды) и некоторые ошибки (описки) по тексту.

ВЫВОДЫ

Диссертация Мустафаевой Мерьем Ибраимовны «Модели поддержки принятия решений по повышению производительности критических баз данных» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная задача разработки полимодельного комплекса, гибридного численного метода и системы поддержки принятия решений для оптимизации производительности критических баз данных в условиях динамических нагрузок и неопределенности, обеспечивающих эффективное функционирование систем управления беспилотными аппаратами. Работа соответствует требованиям пунктов 9, 10, 11, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842, а ее автор, Мустафаева Мерьем Ибраимовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры (автоматизированных систем специального назначения) 27 марта 2026 года, протокол № 24.

Профессор кафедры (автоматизированных систем специального назначения), доктор технических наук, профессор



С. Бушуев

«2» апреля 2026 г.

Начальник кафедры (автоматизированных систем специального назначения), кандидат военных наук, доцент
полковник



В. Цыпнятов

«2» апреля 2026 г.