Заключение диссертационного совета 24.2.312.08, созданного
на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации
на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 13.11.2026г. №29

О присуждении Мингалиеву Заиду Зульфатовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы и модели адаптивного прогнозирования неоднородных временных рядов в условиях ограниченных вычислительных ресурсов» по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 04.09.2026г. протокол заседания №16, диссертационным советом 24.2.312.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России), 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, совет утверждён приказом Минобрнауки России № 850/нк от 12.07.2022 г.

Соискатель, Мингалиев Заид Зульфатович, 12 апреля 1997 года рождения.

В 2021 году окончил ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» программу магистратуры по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника».

В период подготовки диссертации с 2021 года по 2025 год обучался в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника». Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2026 году Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ».

В настоящее время работает в ООО «БПМСофт» в должности корпоративного тренера. С мая 2026 года работает в ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ» в научно-исследовательской лаборатории НИЛ-30 на базе кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления в должности младшего научного сотрудника, по совместительству.

Диссертация выполнена на кафедре прикладной математики и информатики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Новикова Светлана Владимировна, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», кафедра прикладной математики и информатики, профессор.

Официальные оппоненты:

Большаков Александр Афанасьевич, доктор технических наук, профессор, профессор Высшей школы технологий искусственного интеллекта федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»;

Орлова Юлия Александровна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Программное обеспечение автоматизированных систем» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет», г. Тверь, в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой информационных технологий факультета прикладной математики и кибернетики, доктором физико-математических наук, профессором Язениным Александром Васильевичем и доцентом кафедры информационных технологий, кандидатом технических наук, доцентом Солдатенко Ильей Сергеевичем, указала, что диссертационная работа Мингалиева З.З. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача разработки методов и моделей адаптивного прогнозирования неоднородных временных рядов, имеющая значение для развития и применения средств математического моделирования, численных методов и комплексов программ для адаптивного прогнозирования неоднородных временных рядов в условиях ограниченных вычислительных ресурсов, в различных предметных областях, а ее автор – Мингалиев Заид Зульфатович – заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, все по теме диссертации, с авторским вкладом 3,1 п.л., из них в рецензируемых научных журналах и изданиях – 5 работ, 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

В них содержатся основные результаты исследования – разработанный метод адаптивной кусочно-линейной аппроксимации временных рядов с переменным шагом, метод адаптивной кластеризации на основе статистических и динамических характеристик, гибридная модель прогнозирования с использованием специализированных LSTM-моделей, а также программный комплекс и результаты вычислительных экспериментов.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Мингалиев, З. З. Нейросетевое прогнозирование гликемии у пациентов с са-

харным диабетом на основе смешанных временных рядов с перспективой применения в составе интеллектуальной инсулиновой помпы / З. З. Мингалиев, С. В. Новикова // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 90–98. – 0,52 п.л./0,35 п.л.

2. Мингалиев, З. З. Программный комплекс для прогнозирования смешанных временных рядов с использованием кластеризации / З. З. Мингалиев // Вестник Технологического университета. – 2025. – Т. 28, № 3. – С. 103–110. – 0,48 п.л.

3. Мингалиев, З. З. Модель прогнозирования гликемии на основе смешанных временных рядов / З. З. Мингалиев, С. В. Новикова // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. – 2025. – № 1. – С. 67–87. – 0,89 п.л. / 0,6 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: д.ф.-м.н., профессора, профессора направления «Математическая робототехника» Научного центра информационных технологий и искусственного интеллекта Научно-технологического университета «Сириус» Баландина Д.В.; д.ф-м.н., профессора, профессора кафедры цифровой аналитики и технологий искусственного интеллекта ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Елизарова А.М.; к.ф.-м.н, доцента, доцента кафедры дифференциальных уравнений, математического и численного анализа ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Кузенкова О.А.; д.т.н., доцента, профессора кафедры безопасности информации и защиты сведений, составляющих государственную тайну инженерно-технического факультета ФКОУ ВПО «Воронежский институт Федеральной службы исполнения наказаний России» Соловьева А.С.; к.т.н., профессора, профессора кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва» Федосина С.А.; к.ф.-.м.н., доцента, доцента кафедры информационных систем и компьютерного моделирования ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет» Храпова С.С.; д.ф-м.н., профессора, заведующего лабораторией автоволновых процессов Института прикладной физики Российской академии наук Яхно В.Г. Все отзывы положительные.

В отзывах отмечено, что работа выполнена на актуальную тему, содержит новые научные подходы к исследованию методов и моделей адаптивного прогнозирования неоднородных временных рядов в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Теоретическая значимость исследования заключается в расширении математического аппарата адаптивного прогнозирования временных рядов. В частности, в работе представлены: неисследованный ранее метод адаптивной кусочно-линейной аппроксимации временных рядов с переменным шагом, позволяющий определять сегменты максимально возможной длины при заданной точности; метод

адаптивной кластеризации временных рядов на основе статистических и динамических характеристик, учитывающий временную структуру последовательностей; архитектура гибридной модели LSTM, обучаемой отдельно для каждого кластера, что позволяет адаптировать нейросети под специфические зависимости временных рядов; численные методы, алгоритмы и реализующий их программный комплекс на языке Python. Практическая ценность работы заключается в том, что область применения результатов работы охватывает широкий спектр отраслей, включая здравоохранение (прогнозирование уровня глюкозы в крови пациентов с сахарным диабетом), авиацию и управление беспилотными летательными аппаратами (аппроксимация траекторий управления БПЛА, прогнозирование управляющих параметров автопилота легкого самолета), а также поддержку принятия решений в эндокринологии. Полученные результаты применимы для систем, где разнородные типы временных рядов могут существенно влиять на эффективность прогнозирования, а ограниченность вычислительных ресурсов требует снижения вычислительных затрат при сохранении требуемой точности.

В качестве замечаний отмечено: необходимо более подробно раскрыть выбор параметра точности адаптивной кусочно-линейной аппроксимации и пояснить его влияние на количество сегментов и вычислительные затраты при сохранении требуемой точности (д.ф.-м.н. Баландин Д.В.); недостаточно подробно обоснован выбор критерия точности, используемого в методе адаптивной кусочно-линейной аппроксимации, в частности коэффициента детерминации R^2 для определения границ сегментов (д.ф.-м.н. Елизаров А.М.); рисунок 1 имеет подпись «Архитектура LSTM-модели», хотя на нем представлен гибридный подход, включающий блок кластеризации и несколько LSTM-сетей; на рисунке 5 ось ординат обозначена словом «значение» без пояснения величины и единиц измерения; в таблице 4 не указана метрика, по которой рассчитана средняя точность прогнозирования (к.ф.-м.н. Кузенков О.А.); рисунок 3 выполнен в очень мелком масштабе, что не позволяет оценить его содержание; рисунок 4 требует дополнительных пояснений о точности вычислительных экспериментов (д.т.н. Соловьев А.С.); не вполне ясно соотношение термина «сегмент» с терминами «фрагмент», «участок» и «окно» временного ряда, а также недостаточно подробно пояснено, какие операции относятся к операциям сравнения и арифметическим операциям и какие иные операции учитываются при оценке вычислительных затрат (к.т.н. Федосин С.А.); недостаточно подробно раскрыты выбор параметров алгоритма DBSCAN и оценка качества кластеризации; поставлены вопросы об обосновании параметров для временных рядов различной природы и оценке влияния качества кластеризации на точность последующего прогнозирования (д.ф.-м.н. Яхно В.Г.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их научной квалификацией и соответствием профиля научной и профессиональной деятельности тематике диссертационного исследования, связанной с математическим моделированием, обработкой временных рядов, интеллектуальными методами ана-

лиза данных, разработкой программного обеспечения и вычислительными экспериментами. Большаков Александр Афанасьевич эксперт в области разработки методов адаптивной аппроксимации и кластеризации временных рядов, нейросетевого моделирования и программной реализации. Научно-профессиональный профиль Орловой Ю. А. соответствует вопросам математических методов, моделей и программного обеспечения автоматизированных систем.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет» – широко известна своими исследованиями в области математики, информатики, математического моделирования, вычислительной техники и управления. В университете сформированы и функционируют научные школы, среди которых особое место занимают направления «Математическое моделирование», «Нечёткие системы и мягкие вычисления» и «Теоретические основы информатики». Научные исследования университета охватывают разработку математических моделей и методов исследования динамических систем, анализ их критических состояний, методы оптимизации в условиях неопределённости, технологии искусственного интеллекта и поддержки принятия решений. Ведущая организация обладает значительным опытом выполнения фундаментальных и прикладных научных исследований при поддержке Российского научного фонда, Российского фонда фундаментальных исследований, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, а также в рамках грантов Президента Российской Федерации. Университет является участником Евразийской ассоциации университетов, развивает международное научно-образовательное сотрудничество с университетами Беларуси, Китая, Казахстана, Узбекистана, Армении и других стран. Результаты научной деятельности университета отмечаются профессиональными и региональными наградами, в том числе премиями Губернатора Тверской области за достижения в области науки и техники. На базе сложившихся научных школ вуза утверждены стратегические направления научных исследований университета на период до 2030 года, в числе которых проекты, несущие вклад в научно-технологическое развитие Российской Федерации для обеспечения роста конкурентоспособности промышленности.

Исследования, близкие к тематике диссертации, отражены в публикациях ученых ведущей организации (д.ф.-м.н. Язенин А.В., к.т.н. Солдатенко И.С., д.ф.-м. н. Дудаков С.М. и др.) в ведущих российских изданиях, таких как «Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика», «Russian Universities Reports. Mathematics», «Pattern Recognition and Image Analysis», «Control and Cybernetics» и др.

Диссертационный совет отмечает, что наиболее существенные научные результаты исследований получены лично соискателем, их научная новизна заключаются в следующем:

– разработан метод компактного представления неоднородных временных рядов (метод адаптивной кусочно-линейной аппроксимации с переменным шагом),

позволяющий снизить размерность данных без потери точности, что сокращает вычислительные затраты на последующих этапах прогнозирования;

– разработан метод адаптивной кластеризации временных рядов на основе статистических и динамических характеристик, позволяющие выявлять группы сходных по характеру динамики данных и выбирать специализированную модель прогнозирования, что повышает точность последующих прогнозов;

– предложена гибридная модель адаптивного прогнозирования параметров неоднородных временных рядов, включающая блок предварительной обработки данных на основе разработанных методов компактного представления и адаптивной кластеризации, и ансамбль специализированных LSTM-моделей для отдельных кластеров, позволяющая применять различные модели к рядам с различной динамикой, что повышает точность прогнозов;

– разработана процедура формирования векторного представления временных рядов на основе вычисления их статических и динамических характеристик, позволяющая проводить их последующую кластеризацию, что используется для выбора и обучения специализированной модели прогнозирования;

– разработан комплекс алгоритмов и программных средств адаптивного прогнозирования параметров неоднородных временных рядов, реализующий предложенные методы и модель и обеспечивающий автоматическую настройку прогнозирования с учетом характеристик временных рядов для получения высокоточных прогнозов при ограниченных вычислительных ресурсах;

– экспериментально подтверждена эффективность совместного применения разработанных численных методов и гибридной нейросетевой модели для прогнозирования неоднородных временных рядов различной природы. Доказано повышение точности прогнозирования с одновременным снижением вычислительных затрат по сравнению с применением универсальных моделей без предварительной структуризации данных.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– доказаны работоспособность и результативность разработанных методов адаптивной аппроксимации и кластеризации, а также возможность повышения качества прогнозирования за счет использования специализированных моделей для групп временных рядов со сходными статистическими и динамическими характеристиками;

– применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс методов построения гибридной модели прогнозирования неоднородных временных рядов (адаптивная кусочно-линейная аппроксимация, кластерный анализ с применением DBSCAN и нейросетевое моделирование на основе LSTM);

– изложен алгоритм адаптивной аппроксимации временных рядов с переменным шагом, формирования векторного признакового описания, кластеризации и последующего прогнозирования с использованием специализированных нейросетевых моделей;

– раскрыты особенности совместного применения методов аппроксимации, кластеризации и нейросетевого прогнозирования при обработке неоднородных временных рядов в условиях ограниченных вычислительных ресурсов;

– изучены связи статистических и динамических характеристик временных рядов различной природы (движение транспортных средств по сложным траекториям, динамика уровня гликемии у пациентов с инсулинозависимым сахарным диабетом, сложные траекторий движения и моделирование управления беспилотными летательными аппаратами) при формировании кластеров данных, особенности формирования сегментов при адаптивной кусочно-линейной аппроксимации, а также зависимость точности прогнозирования и объема вычислительных затрат от структуры и неоднородности исходных данных;

– проведена модернизация подходов к обработке и прогнозированию временных рядов за счет объединения адаптивной кусочно-линейной аппроксимации, кластеризации и специализированных LSTM-моделей в едином алгоритмическом и программном комплексе.

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

– разработаны и внедрены методики и программные средства адаптивной аппроксимации, кластеризации и прогнозирования параметров временных рядов в рамках системы поддержки принятия решений для моделирования транспортных потоков на дорожных развязках сложной конфигурации в Секторе безопасности дорожного движения и контрольно-надзорной деятельности Министерства транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан; в Центре разработки и сопровождения информационных систем ГБУ «Безопасность дорожного движения» – при моделировании и прогнозировании движения транспортных средств по сложным траекториям; в отделении эндокринологии Детской республиканской клинической больницы Минздрава Республики Татарстан – для прогнозирования уровня гликемии у пациентов с инсулинозависимым сахарным диабетом, получающих помповую инсулинотерапию; в Научно-производственном центре беспилотных авиационных систем Татарстана – для имитации сложных траекторий движения и моделирования управления беспилотными летательными аппаратами; в ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ» – в образовательном процессе. Степень внедрения подтверждена представленными актами;

– определены возможности и области практического применения разработанных методов и программного комплекса для прогнозирования неоднородных временных рядов в транспортных, медицинских и беспилотных системах, а также при решении задач математического моделирования и поддержки принятия решений;

– создан программный комплекс прогнозирования, обеспечивающий предварительную обработку временных рядов, адаптивную кусочно-линейную аппроксимацию, формирование признакового описания, кластеризацию и нейросетевое прогнозирование данных временных рядов;

– представлены метод рекомендуемого применения алгоритма и программных средств, а также обобщены результаты их апробации, которые могут быть использованы при разработке систем мониторинга и поддержки принятия решений и в учебном процессе по дисциплинам «Компьютерное моделирование процессов и систем», «Теория принятия решений», «Теория игр и исследование операций» при подготовке бакалавров по направлению «Прикладная математика и информатика».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– проведение вычислительных экспериментов на временных рядах различной природы, исследование точности аппроксимации, качества кластеризации, точности прогнозирования и вычислительной эффективности разработанных методов и моделей;

– предложенные методы и модели основаны на известных и проверяемых положениях математической статистики, математического моделирования, кластерного анализа, методов аппроксимации и нейросетевого моделирования; используемый математический аппарат соответствует поставленным задачам исследования;

– идея базируется на анализе практики обработки и прогнозирования временных рядов, выявлении ограничений универсальных моделей при работе с неоднородными данными и необходимости учета ограничений вычислительных ресурсов;

– использованы сопоставление предложенных подходов с известными методами, анализ результатов вычислительных экспериментов и проверка разработанных решений на данных из различных предметных областей;

– установлено соответствие полученных результатов прогноза поставленным задачам исследования и согласованность выводов с результатами проведенных вычислительных экспериментов; практическая применимость подтверждена актами внедрения и использования результатов.

Личный вклад соискателя состоит в постановке и решении задач исследования, анализе существующих методов обработки и прогнозирования временных рядов, разработке метода адаптивной кусочно-линейной аппроксимации и метода адаптивной кластеризации, построении гибридной нейросетевой модели прогнозирования, разработке архитектуры и программной реализации комплекса, проведении вычислительных экспериментов, обработке и анализе полученных результатов, формулировании выводов и подготовке публикаций по теме диссертации. Результаты исследования апробированы и использованы в организациях и подразделениях, указанных выше.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний.

Соискатель Мингалиев З.З. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию возможности применения разработанных инструментов для других сфер применения.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.

Диссертационный совет рекомендует направить результаты диссертационного исследования Мингалиева З.З. в Министерство здравоохранения Республики Татарстан, Министерство транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан, научно-производственным центрам.

Диссертационным советом сделан вывод, что рассматриваемая диссертация является законченной научно-квалификационной работой и соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., в действующей редакции).

На заседании 13 ноября 2026 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические решения и разработки в области адаптивного прогнозирования параметров неоднородных временных рядов в условиях ограниченных вычислительных ресурсов, имеющие существенное значение для повышения эффективности функционирования транспортных систем, сферы здравоохранения РФ и сферы беспилотных летательных систем, присудить Мингалиеву Заиду Зульфатовичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 7 докторов наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета — Алексей Иванович Шинкевич

Ученый секретарь диссертационного совета — Светлана Сергеевна Кудрявцева

13.11.2026г.