**УТВЕРЖДАЮ**
Первый проректор –
проректор по научной
деятельности ФГАОУ ВО
«Казанский (Приволжский)
федеральный университет»
д.т.н., профессор

_____ Таюрский Д. А.

«25» 04 2025 г.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

**Диссертация** «Программный комплекс анализа показателей жизнедеятельности человека с использованием самоадаптирующейся микросервисной архитектуры» выполнена на кафедре физики перспективных технологий и материаловедения Института искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**В период подготовки диссертации соискатель** Фахрутдинов Адель Фердинандович обучался в очной аспирантуре ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» по направлению подготовки 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи» и работал в должности ведущего инженера-программиста сектора высокоуровневой разработки научно-исследовательского центра «Центр превосходства «Специальная робототехника и искусственный интеллект».

**В настоящее время работает** в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» на кафедре робототехники и искусственного интеллекта Института искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии в должности ассистента.

**В 2020 г. окончил** с отличием ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» по программе магистратуры по направлению 03.04.03 «Радиофизика».

**В 2024 г. окончил очную аспирантуру** по направлению подготовки 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи».

**Справка о сдаче кандидатских экзаменов** по научной специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» (технические науки) выдана в 2026 г. ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель –** доктор технических наук, доцент Чикрин Дмитрий Евгеньевич, директор Института искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

**По итогам обсуждения принято следующее заключение:**

**1.** Диссертация Фахрутдинова Аделя Фердинандовича является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), в которой содержится научно обоснованное решение актуальной научно-технической задачи разработки методов и программно-аппаратных средств неинвазивного мониторинга показателей жизнедеятельности человека на основе самоадаптирующейся микросервисной архитектуры, обеспечивающей устойчивость моделей машинного обучения к дрейфу данных и рациональное использование ресурсов мобильных устройств, имеющей существенное значение для развития информационных технологий биомедицинского мониторинга.

**2. Соискателем лично получены все основные результаты, выносимые на защиту:**

- архитектурная модель самоадаптирующегося программного комплекса неинвазивного мониторинга показателей жизнедеятельности человека, основанная на микросервисном взаимодействии компонентов серверной части, модульной организации клиентской части, обнаружении дрейфа данных и федеративном обновлении моделей машинного обучения;
- программный компонент мобильного приложения, реализующий многопараметрическую обработку акустических, кинематических и визуальных сенсорных данных для формирования информационного статуса контролируемых показателей жизнедеятельности человека;
- модель обнаружения дрейфа данных и верификации качества моделей машинного обучения в составе распределенного программного комплекса, использующая статистические критерии расхождения распределений и метрики качества моделей и обеспечивающая принятие решения о запуске процедуры федеративного дообучения;
- программный компонент адаптивного управления режимами работы сенсорных и вычислительных модулей мобильного приложения, обеспечивающий рациональное использование ресурсов мобильного устройства при ограниченном снижении качества анализа;
- результаты экспериментальной оценки эффективности разработанного программного комплекса, подтверждающие повышение устойчивости к

дрейфу данных и качества моделей машинного обучения, а также увеличение времени работы мобильного устройства по сравнению с базовой конфигурацией комплекса без механизмов самоадаптации.

В перечисленных в диссертации работах соискателем лично получены следующие результаты:

- в работе [15], [121] – алгоритм детектирования дефектов мелкой моторики по данным сенсоров смартфона и его экспериментальное исследование;

- в работе [21] – подходы к динамическому неинвазивному мониторингу состояния здоровья человека, включая детектирование тремора головы;

- в работе [73] – алгоритм детектирования тремора головы по данным видеокамеры смартфона системы биомедицинского мониторинга;

- в работе [98] – обоснование применения имитационных манекенов для построения системы биомониторинга состояния здоровья человека;

- в работе [142] – методы получения информации биомедицинского мониторинга уровня оксигенации и артериального давления с использованием встроенных сенсоров смартфонной техники;

Опубликованные работы полностью отражают основное содержание диссертационной работы. Все основные положения и результаты, выносимые на защиту, отражены в публикациях автора: по главе 1 – [21], [142]; по главе 3 – [15], [121], [73]; по главе 4 – [98]. Ряд работ выполнен совместно с научным руководителем и другими членами научного коллектива.

**3. Достоверность полученных результатов и выводов** на том, что в теоретических построениях использовались законы и подходы, справедливость которых общепризнана, а также известный и корректный математический аппарат; вводимые допущения мотивировались фактами, известными из практики. Достоверность и обоснованность научных положений подтверждена также соответствием результатов теоретических и экспериментальных исследований.

**4. Научная новизна работы заключается в следующем:**

- Научная новизна разработанной архитектурной модели самоадаптирующегося программного комплекса неинвазивного мониторинга показателей жизнедеятельности человека заключается в интеграции микросервисного взаимодействия, механизма обнаружения дрейфа данных и персонализированного федеративного обучения моделей машинного обучения. В отличие от монолитных и статически конфигурируемых решений, предложенная архитектурная модель обеспечивает изменение параметров работы программных компонентов и обновление моделей машинного обучения без централизации исходных пользовательских данных. Предложенная архитектурная модель задает формальный контур самоадаптации «событие мониторинга – измеряемый критерий – управляющее воздействие – изменение конфигурации – ожидаемый эффект», связывающий наблюдаемые критерии дрейфа данных и ресурсного состояния с управляющими воздействиями по переконфигурации комплекса, что отличает её от статической интеграции известных технологий;

- Научная новизна разработанного алгоритма многопараметрической обработки гетерогенных сенсорных данных мобильного устройства заключается в совместном использовании акустической, кинематической и визуальной сенсорики для формирования информационного статуса контролируемых показателей жизнедеятельности человека. В отличие от решений, ориентированных на обработку одного типа сигнала или ограниченного набора показателей, предложенный алгоритм обеспечивает анализ расширенного набора показателей на базе пользовательского мобильного устройства;

- Научная новизна разработанной модели обнаружения дрейфа данных и верификации моделей машинного обучения в составе программного комплекса заключается в совместном использовании статистических критериев, оценки расхождения распределений и метрик качества моделей машинного обучения для принятия решения о необходимости дообучения. В отличие от автономных процедур контроля качества моделей, предложенная методика встроена в контур функционирования программного комплекса и инициирует федеративное обновление моделей при выявлении дрейфа данных;

- Научная новизна разработанного алгоритма адаптивного управления режимами работы сенсорных и вычислительных компонентов мобильного приложения заключается в учете вектора состояния мобильного устройства и требований к качеству определения контролируемых показателей. В отличие от простого контроля уровня заряда аккумулятора, предложенный алгоритм изменяет режимы работы программных компонентов, частоту обращения к сенсорам и параметры обработки данных с учетом компромисса между энергопотреблением и качеством анализа.

**5. Практическая значимость заключается в следующем:**

в разработке программного комплекса неинвазивного мониторинга показателей жизнедеятельности человека, реализующего многопараметрическую обработку акустических, кинематических и визуальных данных мобильного устройства, обнаружение дрейфа данных, федеративное дообучение моделей машинного обучения и адаптивное управление режимами работы мобильного приложения.

**6. Ценность научных работ заключается в том, что:**

Результаты исследований дополняют и конкретизируют общие представления о принципах построения самоадаптирующихся программных комплексов автономного мониторинга состояния человека и являются основой для дальнейшего совершенствования систем биомедицинского мониторинга на основе мобильных устройств.

**7. Обоснование выбранной специальности и отрасли науки диссертации**

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», при этом работа соответствует следующим пунктам паспорта:

п.1. «Модели, методы и алгоритмы проектирования, анализа, трансформации, верификации и тестирования программ и программных систем».

п.3. «Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, языки и программные инструменты организации взаимодействия программ и программных систем».

п.4. «Интеллектуальные системы машинного обучения, управления базами данных и знаний, инструментальные средства разработки цифровых продуктов».

п.7. «Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, форматы, протоколы и программные средства человеко-машинных интерфейсов, компьютерной графики, визуализации, обработки изображений и видеоданных, систем виртуальной реальности, многомодального взаимодействия в социокиберфизических системах».

п.10. «Оценка качества, стандартизация и сопровождение программных систем».

**Отрасль науки –** технические науки, поскольку полученные результаты обеспечивают повышение эффективности работы моделей машинного обучения в условиях дрейфа данных за счет механизма федеративного дообучения с гомоморфным шифрованием передаваемых весов, адаптивное управление вычислительными режимами мобильных устройств и повышение качества определения контролируемых показателей, что подтверждает существенный технический эффект разработанных методик и программных средств при их использовании в системах мониторинга показателей жизнедеятельности человека.

**8. Полнота изложения материалов диссертации**

Основные результаты диссертации опубликованы в 9 научных изданиях, в том числе 4 статьи – в рецензируемых журналах из перечня ВАК, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ; Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором, достаточная.

Статьи в научных журналах, включенных в перечень ВАК РФ:

1. Егорчев А.А., Чикрин Д.Е., Пашин Д.М., Фахрутдинов А.Ф., Кокунин П.А. Алгоритм детектирования дефектов мелкой моторики на основе информации от сенсоров смартфона // Известия ЮФУ. Технические науки. №4. - Таганрог: Южный Федеральный Университет, 2023. - С. 14-25.
2. Шарипов М.Р., Фахрутдинов А.Ф., Кокунин П.А. Методы расчета частоты сердечных сокращений на основе данных, получаемых от сенсоров смартфона // Известия ЮФУ. Технические науки. №4. - Таганрог: Южный Федеральный Университет, 2023. - С. 254-264.
3. Егорчев А.А., Пашин Д.М., Сарамбаев Н.А., Фахрутдинов А.Ф. Анализ систем определения и классификации эмоций человека по данным звукового потока // Известия ЮФУ. Технические науки. №4. - Таганрог: Южный Федеральный Университет, 2024. – С. 91-100.
4. Егорчев А.А., Чикрин Д.Е., Пашин Д.М., Фахрутдинов А.Ф. Алгоритм детектирования тремора головы по данным видеокамеры смартфона

системы биомедицинского мониторинга // Computational nanotechnology. №4 – М: Юр-ВАК, 2024. – С. 87-93.

**Диссертация** Фахрутдинова Аделя Фердинандовича соответствует п. 14 Положения о присуждении ученых степеней:

- отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации;

- соискатель ссылается на авторов и источники заимствования.

Диссертация «Программный комплекс анализа показателей жизнедеятельности человека с использованием самоадаптирующейся микросервисной архитектуры» Фахрутдинова Аделя Фердинандовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

**Заключение принято на заседании** кафедры физики перспективных технологий и материаловедения института искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Присутствовало на заседании** 22 человека, в том числе 8 докторов наук.

**Результаты голосования:** «за» – 22 человека, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Протокол № 2 от «21» сентября 2026 г.

Заведующий кафедрой
физики перспективных
технологий и материаловедения,
к.т.н., доцент П.А. Кокунин

Заместитель директора по
научной деятельности Института
искусственного интеллекта,
робототехники и системной
инженерии,
к.т.н. О.В. Шиндор

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ОГРН 1021602841391 ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ
ПОДПИСЬ
Кокунина П.А. Шиндор О.В.
Заверяю