**Проект 18-08-00549 А, руководитель – Гуда Александр Николаевич**

«Разработка математических методов и моделей сервисно-ориентированных реконфигурируемых архитектур и систем управления инфраструктурой железнодорожного транспорта»

Заказчик – РФФИ

Договор № 18-08-00549 \20

Срок выполнения проекта 2018 – 2020 г.г.

**В проекте предусмотрены следующие этапы:**

1) Составить аналитический обзор существующих исследований, связанных с разработкой интероперабельной автоматически конфигурируемой сервисно-ориентированной архитектуры для контроля и управления предприятиями и инфраструктурой. Обзор будет включать описание существующих сервисных шин предприятий, их сравнение, и оценка применимости к проблематике проекта; подходы к обеспечению интероперабельности и методы автоматической конфигурации и композиции сервисов.

2) Провести анализ согласованности планируемых научных исследований с существующими АСУЖТ, в основном с системой ЕКАСУИ (Единой комплексной автоматизированной системой управления инфраструктурой железнодорожного транспорта) и другими системами в соответствии с направлениями научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте и в смежных, технологически связанных с транспортом, отраслях.

3) Предложить пути совершенствования корпоративных АСУЖТ, прежде всего на основе обеспечения тотальной мобильности, развитие сервисно-ориентированных технологий и архитектур для мобильных приложений и сервисов пользователей железнодорожных транспортных услуг.

4) Выполнить формирование единого централизованного IT-пространства для обеспечения универсального доступа к более чем 1500 IT сервисам, предоставляемым холдингом ОАО «РЖД».

5) Разработать сервис-ориентированной архитектуры системы управления предприятиями и инфраструктурой. Архитектура предполагает использование отдельных сервисов, представляющих источники и обработчики данных, связанных между собой посредством сервисной шины предприятия. Для обеспечения интероперабельности сервисов будет использоваться представление информации с помощью онтологии. Архитектура позволит обеспечить простоту добавления новых сервисов и конфигурации уже существующих сервисов под новые задачи системы контроля и управления железнодорожной инфраструктурой.

6) Разработать инструменты для создания централизованного информационного пространства, автоматизированных инструментов принятия управленческих решений на предприятиях ОАО «РЖД», вместе с сокращением дублирующих функций и ручной обработки данных за счет максимальной автоматизации управленческих процессов посредством универсальной системной шины предприятия ОАО «РЖД».

7) Разработать онтологические модели взаимодействия сервисов посредством сервисной шины предприятия, в основе которой лежит шаблон «издатель-подписчик» (publisher/subscriber). Данная модель позволит обеспечить асинхронное взаимодействие сервисов, а также своевременную реакцию сервисов по наступлению критического события.

8) Разработка метода автоматической конфигурации и композиции сервисов на основе анализа текущей ситуации. Анализ текущей ситуации позволит обеспечить полноту данных, связанных с решаемой задачей и предоставить оператору системы контроля и управления инфраструктурой конфигурацию сервисов, актуальную в контексте решаемой задачи.

**Итоговые результаты:**

1. Выполнен аналитический обзор, отобразивший современное состояние исследований, связанных разработкой системных архитектур контроля и управления предприятиями и инфраструктурой. При этом особое внимание было уделено задачам управления инфраструктурой, имеющей слабоструктурированные источники информации, что является существенным отличием интеллектуальных систем управления железнодорожным транспортом.

2. Разработана интероперабельная автоматически конфигурируемая сервис-ориентированная архитектура системы управления предприятиями и инфраструктурой железной дороги, основанная на сервисной шине предприятия. В разработанной архитектуре предусматриваются сервисы, представляющие эффективные методы обработки разнородных данных. При разработке использовано представление информации с использованием методов информационного гранулирования, что является существенным отличием предложенных методов от ранее известных.

3. Получен метод повышения оперативности управления технологическими процессами для Дирекции Инфраструктуры ОАО «РЖД» с учетом разнородных типов сенсорных сетевых устройств, подключенных к универсальной шине предприятия ОАО «РЖД». Особенности предлагаемого метода заключается в его применимости для технологических процессов железнодорожного транспорта.

4. Определена основа применения технологий Интернета вещей и мобильных приложений на транспортной инфраструктуре, базой которой служит анализ способов построения гибридных интеллектуальных систем на основе приближенных множеств и искусственных нейронных сетей, а также метода экстремального обучения в гибридных интеллектуальных системах для инфраструктуры железнодорожного транспорта.

5. Разработаны методы и алгоритмы анализа и обнаружения новых типов инцидентов и ситуаций, включая возникающие на критической инфраструктуре железнодорожного транспорта нештатные, чрезвычайные и экстремальные ситуации. Основой этих методов явились новые информационно-энтропийные метрики комбинированного типа и способы адаптивного планирования процессов на базе искусственных нейронных сетей.

6. Выполнена систематизация и доработка элементов теории и практических аспектов разработки методов, алгоритмов и устройств обучения искусственных нейронных сете, а также экспертных систем с использованием технологии искусственных нейронных сетей с ориентированностью на решение задач управления большими инфраструктурами транспортно-технологического назначения.

7. Разработаны модели и алгоритмы для программных детекторов аномальных режимов функционирования информационных инфраструктур, использующие нелинейно-динамических подходы обнаружению аномалий в трафике информационных систем.

8. Предложен подход к оценке состояния критической информационной инфраструктуры с помощью системы интеллектуальной системы ситуационной осведомленности, отличающийся использованием механизма распределенного логического вывода о возникновении инцидента, связанного с нарушением безопасности.

9. Выполнена разработка целевой архитектуры приложений в рамках универсальной шины предприятий с представлением их логической и функциональной организации на основе подхода к проектированию универсального битемпорального хранилища данных, обладающего возможностями сохранения, обработки и представления слабоструктурированных и темпоральных данных об инфраструктуре транспортного предприятия. Данная архитектура относится к сервис-ориентированной архитектуре управления транспортной инфраструктурой, обеспечивая при этом интероперабельность сервисов с динамически изменяющейся онтологией.

10. Получены практические результаты использования универсальных шин предприятий с внедрением технологий и устройств сбора и обработки инфраструктурной информации на ряде предприятий железнодорожного транспорта.

11. Разработана онтологическая модель взаимодействия сервисов посредством сервисной шины предприятия, включенного в инфраструктуру железнодорожного транспорта, обеспечивающая асинхронное взаимодействие сервисов с реакцией на наступление критических событий.

12. Созданы автоматизированные инструменты для создания централизованного информационного пространства принятия управленческих решений на предприятиях ОАО «РЖД», использующие новые методы и алгоритмы повышения эффективности использования ресурсов и снижения затрат на обслуживание объектов инфраструктуры ОАО «РЖД» на основе рационального планирования и распределения ресурсов.

13. Выполнена разработка метода автоматической конфигурации и композиции сервисов на основе анализа текущей ситуации и мониторинга текущей ситуации путем предоставления оператору системы контроля и управления железнодорожной инфраструктурой.

14. Осуществлена 3D визуализация состояния критической сервисно-ориентированной архитектуры железнодорожного транспорта.

**Публикации по результатам проекта:**

1. Savvas Ilias K., Michos Christos, Chernov Andrey, Butakova Maria. High Performance Clustering Techniques: A Survey. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020, 1156, 252-259, IPF SJR 2019 - 0.18
2. Butakova Maria A., Chernov Andrey V., Savvas Ilias K., Garani Georgia. Data Warehouse Design for Security Applications Using Distributed Ontology-Based Knowledge Representation. Studies in Computational Intelligence, 2020, 868, 140-145, IPF SJR 2019 - 0.22
3. Chernov Andrey, Butakova Maria, Kostyukov Aleksandr. Intelligent Decision Support for Power Grids Using Deep Learning on Small Datasets. 2020, 958-962
4. Chernov Andrey, Butakova Maria, Guda Alexander, Shevchuk Petr. Development of Intelligent Obstacle Detection System on Railway Tracks for Yard Locomotives Using CNN. Communications in Computer and Information Science, 2020, 1279, 33-43, IPF SJR 2019 - 0.19
5. Chernov Andrey, Butakova Maria, Guda Alexander. GUARANTEED QOS MODEL FOR VIRTUAL DATA CHANNELS IN COMPLEX NETWORK INFRASTRUCTURE. 2020
6. Garani Georgia, Savvas Ilias K., Chernov Andrey V., Butakova Maria A.. An Intelligent Data Warehouse Approach for Handling Shape-Shifting Constructions. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020, 1156, 260-269, IPF SJR 2019 - 0.18
7. Ilicheva Vera V., Guda Alexandr N., Shevchuk Petr S.. Logical Approaches to Anomaly Detection in Industrial Dynamic Processes. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020, 1156, 352-361, IPF SJR 2019 - 0.18
8. Бутакова Мария Александровна, Гуда Александр Николаевич, Чернов Андрей Владимирович. Обнаружение аномалий в информационных потоках и экспериментальные исследования на моделях машинного обучения. Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения, 2020
9. Бутакова Мария Александровна, Гуда Александр Николаевич, Жуков Вячеслав Васильевич. Повышение эффективности использования ресурсов инфраструктуры ОАО «РЖД» на основе асинхронного взаимодействия информационных сервисов и услуг. 2020
10. Москат Наталья Александровна. Роль высокоскоростных сетей передачи данных в проекте «Цифровая железная дорога». 2020
11. Savvas Ilias K., Chernov Andrey V., Butakova Maria A.. Experiments with IBM Quantum Devices for Random Number Generation and String Matching. 2020
12. Chernov Andrey, Chupiy Dmitry, Butakova Maria. Method for measuring locomotive diesels characteristics for environmental monitoring tasks. E3S web of conferences, 2019, 140, 07001
13. Garani Georgia, Chernov Andrey, Savvas Ilias, Butakova Maria. A Data Warehouse Approach for Business Intelligence. 2019, 70-75
14. Верескун Владимир Дмитриевич, Бутакова Мария Александровна Гуда Александр Николаевич Чернов Андрей Владимирович. Информационно-энтропийные подходы к обнаружению аномалий функционирования в распределенных информационных системах. Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения, 2019, 1(73), 125-135
15. Butakova Maria A., Chernov Andrey V., Shevchuk Petr S.. An Approach for Distributed Reasoning on Security Incidents in Critical Information Infrastructure with Intelligent Awareness Systems. 2019, 248-255
16. Butakova Maria A., Chernov Andrey V., Kovalev Sergey M., Sukhanov Andrey V., Zajaczek Stanislav. Network Traffic Anomaly Detection in Railway Intelligent Control Systems Using Nonlinear Dynamics Approach. 2020, 475-483
17. Верескун Владимир Дмитриевич, Бутакова Мария Александровна Гуда Александр Николаевич Чернов Андрей Владимирович. Комбинация мер энтропии для обнаружения аномалий в информационных системах. Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения, 2019, 3(75), 72-80
18. Бутакова Мария Александровна, Гуда Александр Николаевич. О подходе к интеллектуальной поддержке принятия групповых решений в инфраструктуре управления железнодорожным транспортом. 2019, 1, 97-102
19. Гуда Александр Николаевич, Цуриков Александр Николаевич. Разработка экспертной системы с использованием технологии искусственных нейронных сетей. 2019, 185-190
20. Чернов Андрей Владимирович, Будьков Максим Андреевич Стадникова Любовь Сергеевна Шевчук Петр Сергеевич. Элементы теории адаптивного резонанса в искусственных нейронных сетях. 2019, 77-82
21. Рамазанов Роман Джалилович, Цуриков Александр Николаевич. Комплексная система контроля состояния колес и определения дефектов поверхности катания колесных пар. Труды Ростовского государственного университета путей сообщения, 2019, 2(47), 76-79
22. Москат Наталья Александровна, Алексеенко Екатерина Александровна. Особенности разработки приложения для расчета и формирования карго-плана. Инженерный вестник Дона, 2019, 4(55)
23. Цуриков Александр Николаевич. Теория и практика разработки методов, алгоритмов и устройств обучения искусственных нейронных сетей: монография. 2019
24. Гамагина Анастасия Александровна, Гуда Александр Николаевич Цуриков Александр Николаевич. Применение искусственных нейронных сетей для оценки стоимости подержанных автомобилей. Современные наукоемкие технологии, 2019, 9, 53-57
25. Гуда Александр Николаевич, Давыюов Ю.В., Даглдиян Г.Д.. Применение искусственных нейроглиальных сетей в интеллектуальном анализе данных. 2019, 224-227
26. Москат Н.А.. Методы повышения эффективности автоматизированной системы оперативного управления на железнодорожном транспорте. Инженерный вестник Дона, 2018, 1
27. Бутакова М.А., Климанская Е.В., Чернов А.В.. Формальные структуры и представления для гранулярных вычислений . Современные наукоемкие технологии, 2018, 5, 36-40
28. Москат Н.А. . Эффективная организация обслуживания заявок на примере единой службы поддержки пользователей ОАО «РЖД» . Инженерный вестник Дона, 2018, 3
29. Maria A. Butakova, Andrey V. Chernov, Alexander N. Guda, Vladimir D. Vereskun and Oleg O. Kartashov . Knowledge Representation Method for Intelligent Situation Awareness System Design. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2018, 875, 225-235
30. Бутакова М.А., Верескун В.Д., Чернов А.В. . Расчеты информационных гранул: нечеткие реляционные уравнения.. Сборник научных трудов «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России», Том 1. Технические науки., 2018, 24-28
31. Давыдов Ю.В., Бутакова М.А.. Анализ способов построения гибридных интеллектуальных систем на основе приближенных множеств и искусственных нейронных сетей. Сборник научных трудов «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России», Том 1. Технические науки., 2018, 29-33
32. Гамагина А.А., Цуриков А.Н.. Программы для моделирования искусственных нейронных сетей: преимущества и недостатки. Сборник научных трудов «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России», Том 1. Технические науки., 2018, 37-39
33. Гуда А.Н., Притыкин Д.Е., Ковшиков С.В., Даглдиян Б.Д.. Применение фреймворка QT к разработке программного обеспечения тренажеров подвижного состава. 2018, 40-43
34. Дергачев В.В., Швалов Д.В.. Нечеткие числа и нечеткая арифметика. Сборник научных трудов «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России», Том 1. Технические науки. , 2018, 44-46
35. Дылев А.Д., Цуриков А.Н.. О программном обеспечении для расчета оценки последствий при авариях. Сборник научных трудов «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России», Том 1. Технические науки. , 2018
36. Чернов А.В., Александров А.А., Мирошников А.М., Матасов К.А.. Алгоритмы расчетов и проблемы использования программных конструкторов для вычисления нечетких когнитивных карт. Сборник научных трудов «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России», Том 1. Технические науки., 2018, 95-98
37. Давыдов Ю.В., Бутакова М.А., Даглдиян Г.Д.. Применение метода экстремального обучения в гибридных интеллектуальных системах для инфраструктуры железнодорожного транспорта . Сб. науч. трудов “Транспорт: наука, образование, производство” (“Транспорт 2018”), 2018, 3, 50-54
38. Чернышов С.С., Цуриков А.Н.. Применение информационных технологий для помощи в принятии решений при чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте . Сб. науч. трудов “Транспорт: наука, образование, производство” (“Транспорт 2018”), 2018, 3, 224-227
39. Гуда А.Н., Давыдов Ю.В., Чернов А.В.. Применение приближенных множеств для кластеризации больших объемов слабоструктурированных данных в интеллектуальных системах железнодорожного транспорта. Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование. (ИСУЖТ 2018), 2018, 224-227
40. Цуриков А.Н., Дылев А.Д. . Мобильное приложение для оценки последействий на железнодорожном транспорте. Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование. (ИСУЖТ 2018), 2018, 188-192
41. Москат Н.А.. Особенности построения моделей для анализа трафика автоматизированных информационно-управляющих систем по управлению скоростным и высокоскоростным движением ж.д.т. Научно-технический вестник Поволжья, 2018, 9, 111-115
42. Верескун В.Д., Гуда А.Н., Бутакова М.А. . Интеллектуальный анализ данных: дискретизация значений атрибутов с использованием теории приближенных множеств и кластеризации. Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения, 2018, 3, 76-84
43. Дергачев В.В., Климанская Е.В.. Свойства информационных гранул и подходы е гранулированию, основанные на методах кластеризации . Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения, 2018, 1, 65-71
44. Карташов О.О, Бутакова М.А., Чернов А.В., Костюков А.В., Жарков Ю.И. . Средства представления знаний и извлечения данных для интеллектуального анализа ситуаций . Инженерный вестник Дона, 2018

**В 2020 году полученные результаты были апробированы на следующих научных мероприятиях по тематике Проекта:**

1) AI4RAILS 2020, 1st International Workshop on “Artificial Intelligence for RAILwayS” colocated with EDCC 2020, докладчики: Гуда А.Н., Бутакова М.А., Чернов А.В., название доклада: " Development of intelligent obstacle detection system on railway tracks for yard locomotives using СNN", тип доклада: секционный.

2) Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat-2020), докладчики: Гуда А.Н., Бутакова М.А., Чернов А.В., название доклада: "Guaranteed Qos Model For Virtual Data Channels In Complex Network Infrastructure", тип доклада: секционный.

3) 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA),

докладчики: Бутакова М.А., Чернов А.В., название доклада: "Intelligent Decision Support for Power Grids Using Deep Learning on Small Datasets", тип доклада: секционный.

4) 28th Telecommunications forum (TELFOR 2020), докладчики: Бутакова М.А., Чернов А.В., название доклада: "Experiments with IBM Quantum Devices for Random Number Generation and String Matching", тип доклада: секционный.

5) Транспорт: Наука, Образование, Производство (Транспорт-2020), докладчики: Бутакова М.А., Гуда А.Н., название доклада: "Повышение эффективности использования ресурсов инфраструктуры ОАО «РЖД» на основе асинхронного взаимодействия информационных сервисов и услуг", тип доклада: секционный.

6) Транспорт: Наука, Образование, Производство (Транспорт-2020), докладчик: Москат Н.А., название доклада: "Роль высокоскоростных сетей передачи данных в проекте «цифровая железная дорога»", тип доклада: секционный.