

Несмотря на очевидную определенную тревожность тенденций, отметим *приоритетную направленность* наших идей в оценивании эффективности для сферы народно-хозяйственной деятельности [4].

Дальнейшими этапами решения поисковых и прикладных задач прогнозного моделирования в обозримой перспективе проблемной области для изучаемых потенциальных вариантов приложения *новых гибридных моделей* может быть ряд сформированных предложений и рекомендаций применения «3D» – ситуационного центра для нужд *эффективной организации городского хозяйства*.

Литература:

1. Микрин Е.А., Кульба В.В., Косяченко С.А., Чернов И.В., Шелков А.Б. Модели, методы и результаты сценарного анализа и прогнозирования в космической отрасли. – М.: ИПУ РАН, 2016. – 148 с.

2. ИАС исследования возможностей деэскалации конфликта в изменяющихся условиях многостороннего переговорного процесса, патент RU 159360 U1, 2014.

3. Способ моделирования процессов обоснования требуемого уровня живучести распределенных сетей связи вышестоящей системы управления в условиях вскрытия и внешних деструктивных воздействий, патент RU 2702503 C1, 2018.

4. Ratner S., Lychev A., Rozhnov A., Lobanov I. Efficiency Evaluation of Regional Environmental Management Systems in Russia Using DEA // Mathematics. – 2021. – Volume 9, Issue 18. – 2210. – URL: <https://doi.org/10.3390/math9182210> (дата обращения 1.09.2025).

Иконников А.С.

Разработка микросервиса, предназначенного для анализа и прогнозирования износа элементов контактной сети железных дорог

Аннотация: В работе рассмотрена программная реализация микросервиса, предназначенного для графического, визуального анализа численных данных, собранных вагоном испытания контактной сети (ВИКС), характеризующих текущее состояние элементов контактной сети на

электрифицированных участках железных дорог Российской Федерации.

Ключевые слова: программное обеспечение, микросервис, контактная сеть, наборы данных, графический пользовательский интерфейс, визуализация, *visual c# chart*

Развитие современных информационных технологий связано с созданием интеллектуальных систем управления (ИСУ), работа которых основывается на применении машинного обучения (МО) для ускорения поиска решений важных инженерных задач [1-3]. Применение МО неминуемо приводит к усложнению ИСУ, а также к обновлению и ужесточению требований, предъявляемых к ним. Высокий порог требований связан с сопоставимо высоким уровнем недоверия населения к результатам работы нейросетевых технологий. По данным ВЦИОМа на 2025 год, 52% граждан РФ доверяют системам с искусственным интеллектом (ИИ), 38% – нет, 10% воздерживаются от ответа на поставленный вопрос. Показатель недоверия стал на 6% выше в сравнении с 2022 годом. Среди респондентов 45-59 лет уровень недоверия к ИИ достигает 45% [4]. Недоверие является субъективным фактором, а потому оно не должно вызывать явного отказа исследователей от использования ИИ. Напротив, это фактор вызова [5], способствующий совершенствованию таких систем и поиску областей их эффективного применения.

В качестве такого вызова в статье рассматривается разработка ИСУ в формате виртуального ассистента, предназначенного для предиктивной диагностики (ПД) износа элементов контактной сети (КС). КС – неотъемлемая часть железнодорожной инфраструктуры, а информационные сервисы и датчики, взаимодействующие с ней и показывающие ее состояние, являются элементами критической информационной инфраструктурой (КИИ) [6]. Бесперебойное функционирование КС является ключевым требованием обеспечения перевозочного процесса, поскольку в виду отсутствия горячего резервирования при отказе хотя бы одного элемента конструкции последует простой подвижного состава на железнодорожных участках, что в свою очередь приведет к крупным финансовым потерям [7]. Износ элементов КС определяется

факторами различной природы, часть из них строго детерминированные, но имеются и стохастические. Последние представляют особый интерес с точки зрения ПД.

Различают три вида факторов, влияющих на износ КС [8]:

- климатические факторы оказывают стохастическое (случайное) влияние на параметры элементов КС в целом;

- конструктивные факторы начинают оказывать влияние с этапа завершения монтажа элементов КС – они детерминированы;

- эксплуатационные факторы оказывают непосредственное влияние на надежность всех элементов КС и на качество ее работы. Напрямую и детерминировано зависят от качества проведения мероприятий по капитальному ремонту конструкций, а также косвенно и стохастически от складывающейся ситуации грузовых и пассажирских перевозок по рассматриваемому участку.

Так поддержание работоспособности КС всецело зависит от систематического диагностирования состояния элементов КС, измеряемые численные показатели которых должны находиться внутри нормированных границ [9]. Измерения проводятся специальным вагоном исследования контактной сети (ВИКС). Для эффективного и удобного анализа показатели необходимо визуализировать. Для этого разработан микросервис [10, 11, 12].

На рисунке 1 представлен графический пользовательский интерфейс этапа сбора и обработки данных согласно технологии работы микросервиса. Следует отметить, что КС, как правило, находится в исправном состоянии. В связи с этим обучающая выборка сильно несбалансирована [13], и требуется генерация набора искусственных данных, добавляющих балансировку в наборы.

Генерация данных под формат

Фиксация количества точек
Потребное количество точек: 100

Схема генерации
☐ ИПИ ☒ И

Выбор сочетания параметров (для независимого эксперимента)
Первый генерируемый параметр: 01. Высота подвеса КП [мм]
Второй генерируемый параметр: 02. Величина зигзага КП [мм]
☒ Шум

Выбор сочетания параметров (для зависимого эксперимента)
Первый используемый параметр: 01. Высота подвеса КП [мм]
Второй используемый параметр: 02. Величина зигзага КП [мм]
☒ Шум

Первичное тестирование

Высота подвеса КП [мм]; Величина зигзага КП [мм]
5394 08.388.81.0
5368 18.602.11.0
4975 03.49.58.0
4783 01.933.62.1
6743 02.84.25.0
5522 78.907.60.0
5045 10.138.01.0
5166 96.369.19.0

Рисунок 1 – Пример подготовки обучающей выборки из 100 точек для пары измеряемых ВИКС физических величин, запрошенных оператором микросервиса

По завершении обработки данных оператор должен проверить их полноту и достоверность в экранном списке и в случае согласия с результатом обработки выполнить сохранение данных в файл (который в дальнейшем планируется заменить отношениями базы данных) [14].

На рисунке 2 представлен следующий этап согласно технологии работы микросервиса – визуализация данных, считанных из файла.

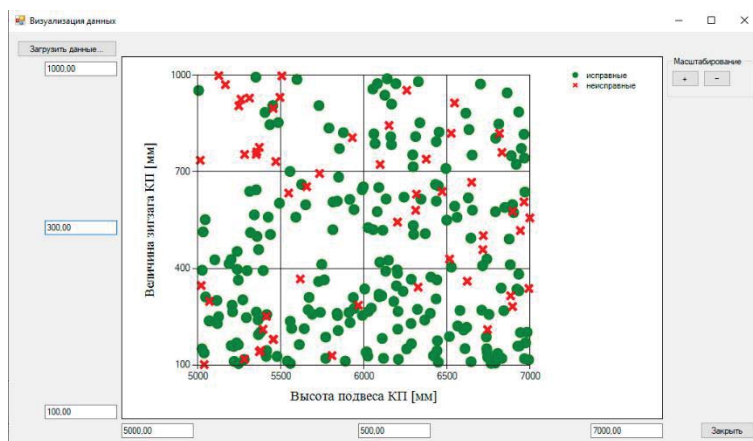


Рисунок 2 – Визуализация взаимного влияния пары измеряемых ВИКС физических величин, определяющих исправность / неисправность контактной сети

Микросервис составлен на языке *Visual C#* в интегрированной среде разработки *Microsoft Visual Studio*. В качестве инструмента для визуализации данных выбран стандартный интерфейсный элемент управления (ИЭУ) *Chart*, предоставляющий широкие возможности для гибкой настройки отображения содержимого массивов и списков. Важным условием функционирования этого ИЭУ является выбор фреймворка «*NET Framework*» не ниже версии 4.5.

Микросервис является звеном запланированной к разработке крупной системы, предназначенной для ПД деградации элементов КС [9].

В настоящее время идет развитие предложенной схемы анализа попарного влияния измеряемых ВИКС физических величин на оценку износа элементов КС [9]. Учет факторов, оказывающих влияние на износ элементов КС, должен быть более строго формализован по сравнению с гипотетической формулировкой, представленной в [9]. Дальнейшее развитие математической модели видится в уточнении целевой функции по итогам работы с большим количеством обучающих выборок, составленных для различных электрифицированных участков магистральных железных дорог Российской Федерации.

Благодарности

Работа выполнена за счет бюджетного финансирования в рамках государственного задания от 20.03.2025 № 103-00001-25-02

Литература:

1. *Баранов Л.А., Сафронов А.И., Сидоренко В.Г.* Развитие интеллектуальных систем управления электрическим транспортом // Автоматика, связь, информатика. – 2025. – №10. – С. 30-32.

2. *Сидоренко В.Г., Сафронов А.И., Филипченко К.М., Чжо М.А.* Применение современных технологий программирования к автоматизации планирования движения поездов метрополитена // Автоматика на транспорте. – 2016. – Т. 2. № 3. – С. 331-347.

3. *Розенберг Е.Н., Новиков В.Г.* Концепция развития интеллектуальных систем управления и обеспечения безопасности движения поездов // Интеллектуальные транспортные системы. Материалы IV Международной научно-практической конференции. – М.: РУТ, 2025. – С. 376-383.

4. Новости России и мира сегодня – последние новости на Коммерсантъ. Эксперты обсудили доверие к ИИ и прикладные решения Новости России и мира сегодня. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7800247> (дата обращения 15.09.2025).

5. *Сидоренко В.Г.* Современные вызовы безопасности городских транспортных систем / Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXVIII международной конференции. – М.: ИПУ РАН, 2020. – С. 434-439.

6. *Сафронов А.И., Иконников А.С.* Анализ отечественного и международного опыта обеспечения информационной безопасности для его интеграции в интеллектуальные транспортные системы магистральных железных дорог / Интеллектуальные транспортные системы. Материалы IV Международной научно-практической конференции. – М.: РУТ, 2025. – С. 726-734.

7. *Новиков В.Г.* Обеспечение безопасности движения поездов при координатном способе интервального регулирования / Проблемы управления безопасностью сложных систем: Материалы XXXII международной конференции, посвященной памяти Владимира Васильевича Кульбы, Заслуженного деятеля науки РФ,

д-ра техн. наук, профессора (Москва, 13 ноября 2024 года). – М.: ИПУ РАН, 2024. – С. 369-379.

8. *Бутенко Е.А., Смердин А.Н., Павлов В.М.* Совершенствование методики экспериментального определения натяжения проводов контактной сети на испытательном полигоне / Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: материалы научной конференции, посвященной Дню Российской науки. Министерство транспорта Российской Федерации, Федеральное агентство железнодорожного транспорта, Омский государственный университет путей сообщения. – Омск: ОмГУПС, 2021. – С. 89-94.

9. *Иконников А.С., Сафронов А.И.* Интеллектуальная автоматизированная система прогнозирования износа контактной сети на электрифицированных полигонах магистральных железных дорог // Электротехника. – 2025. – № 9. – С. 66-73.

10. *Иконников А.С., Сафронов А.И.* Автоматизация анализа результатов автоматизированного синтеза плановых графиков движения пассажирских поездов Московского метрополитена по кольцевой линии / Транспортное строительство. Сборник статей третьей всероссийской научно-технической конференции. – М.: Перо, 2022. – С. 279-288.

11. *Сидоренко В.Г., Макишаков С.В.* Обзор архитектурных стилей в разработке автоматизированных систем / Интеллектуальные транспортные системы. Материалы IV Международной научно-практической конференции. – М.: РУТ, 2025. – С. 395-404.

12. *Макишаков С.В., Сидоренко В.Г.* Архитектурный подход для безопасного перехода на новую структуру данных / Цифровые технологии и решения в сфере транспорта и образования. Материалы III Национальной научно-практической конференции. – М.: РУТ, 2024. – С. 121-128.

13. *Кулагин М.А., Сидоренко В.Г.* Обобщение опыта решения задач предиктивной аналитики на железнодорожном транспорте // Наука и техника транспорта. – 2024. – № 4. – С. 55-62.

14. *Сидоренко В.Г., Логинова Л.Н., Сафронов А.И.* Разработка информационного обеспечения для интеллектуального управления городскими рельсовыми транспортными системами // Автоматика на транспорте. – 2023. – Т. 9. № 2. – С. 178-192.