

Гибридный метод анализа неисправности промышленного робота: интеграция машинного обучения и физической модели

Кормин Т.Г.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Екатеринбург, Россия.

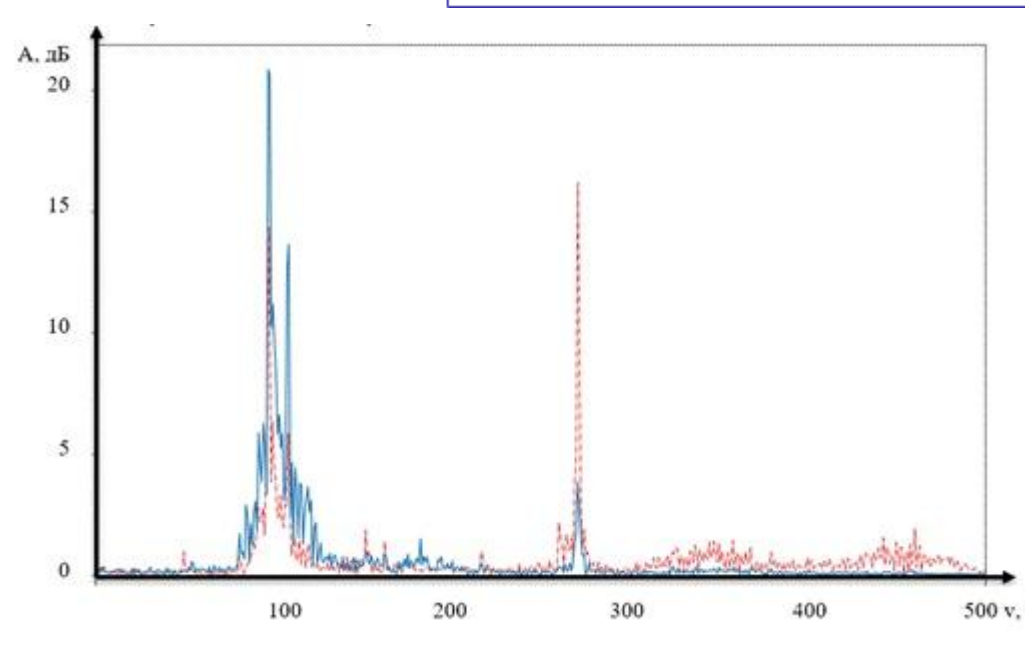
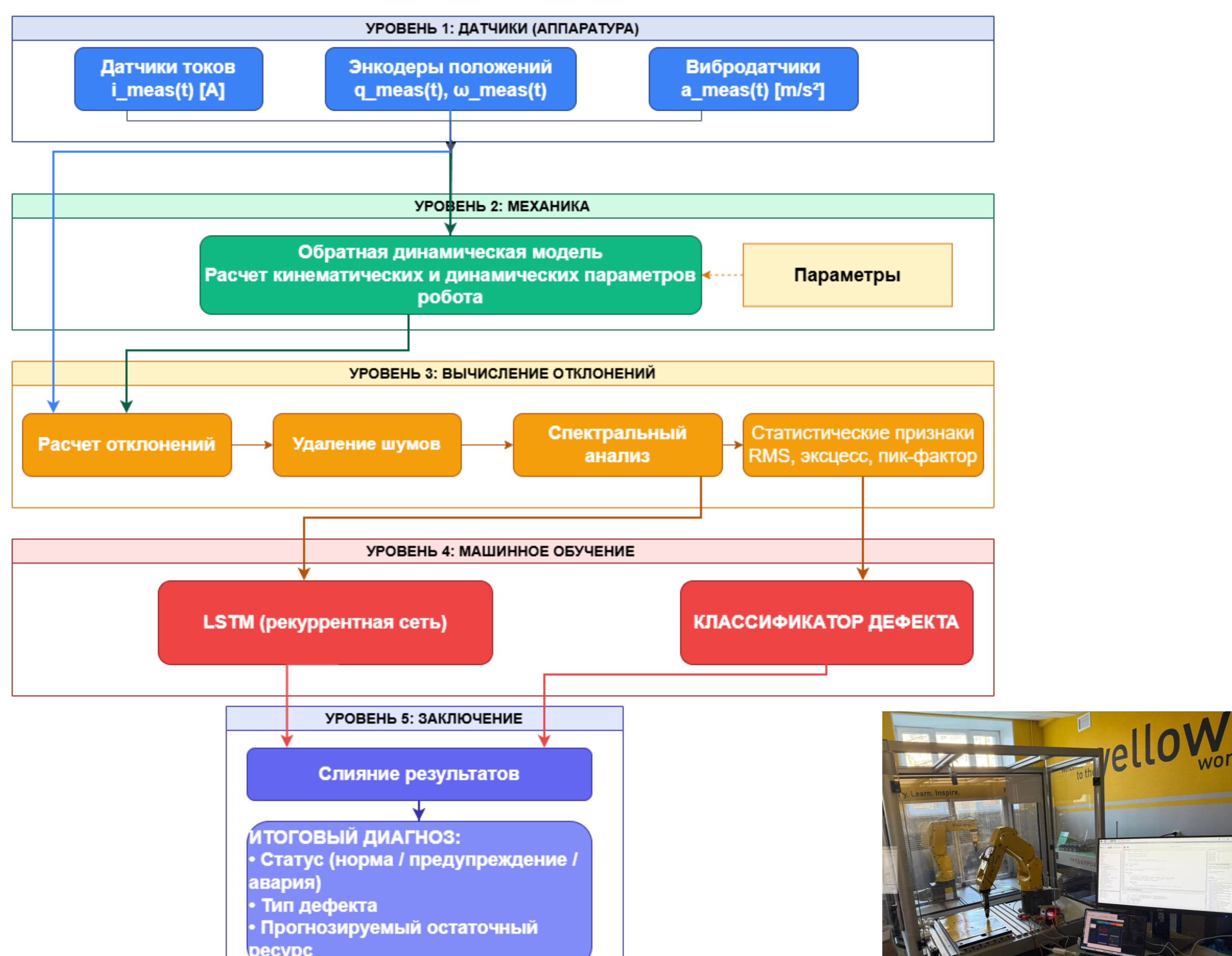
Тел. 8-904-987-88-73, ktg39@mail.ru

Введение

Работа, затрагивает два важных проекта Российской Федерации: «Развитие промышленной робототехники и автоматизации производства» (2025-2027) и национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» (2025-2030). Основное внимание уделяется цифровой трансформации экономики, включая развитие систем сбора данных с высокочувствительных датчиков в промышленности. По этому проекту количество промышленных роботов должно увеличиться с 14 тысяч в 2024 году до 99 тысяч в 2030 году.

Результаты

ДИАГНОСТИКЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ РЕСУРСА УЗЛОВ промышленного робота
ГИБРИДНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА НЕИСПРАВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА



Спектрограмма сигнала с шагового двигателя, полученная с МЭМС-акселерометра (MPU-9250) и пьезоакселерометра (AP2037-100-03). Красная линия - сигнал с пьезоакселерометра, синяя линия - сигнал с МЭМС-акселерометра.



Модель отклонения координаты, обученная с использованием ARIMA



Промышленная ячейка Fanuc с датчиками и ПО для предиктивного анализа

Методы

1. В работе использовался Метод Денавита-Хартенберга (DH-метод),
2. В работе использовался Метод Лагранжа – Эйлера
2. Для обработки данных с датчика вибрации использовалось преобразование Фурье
2. Методика поиска и диагностирования неисправности Узлов промышленного робота
3. Алгоритм обработки данных состояния узлов промышленного робота и всей системы в комплексную унифицированную структуру для предиктивной аналитики.
4. Методика прогнозирования изменения технического состояния агрегатов промышленного робота с использованием машинного обучения (LSTM).

Постановка проблемы

В работе рассматривается оптимальная конфигурация датчиков с обоснованием типов, точек установки, режимами работы датчиков для контроля ключевых параметров: вибрации (акселерометры на редукторах и двигателях), температуры (подшипники и привод), момента силы/тока (датчики в приводных системах) и кинематических параметров (данные энкодеров на осях). В данном исследовании рассматриваются методы сбора и анализа данных, которые используются для оценки текущего состояния узлов промышленного робота. Комплексный подход позволяет реализовать систему ранней диагностики неисправностей, основанной на мониторинге ключевых показателей и выявлении скрытых дефектов на примере промышленного робота Fanuc LR Mate 200iD. В работе обсуждаются частые причины возникновения неисправностей и предлагаются эффективные способы их предотвращения, что способствует повышению надежности и долговечности робототехнических систем. Цель исследования заключается в разработке гибридного метода диагностики неисправностей промышленного робота, Обеспечивающего раннее выявление дефектов, точную оценку остаточного Ресурса.

Список литературы

- [1] Hu B. et al. System-level predictive maintenance optimization for no-wait production machine-robot collaborative environment under economic dependency and hybrid fault mode //Processes. – 2024. – Т. 12. – №. 8. – С. 1690.
- [2] Long W. et al. Dynamic anomaly detection in industrial robot clusters: A statistical-deep learning hybrid approach //Mechanical Systems and Signal Processing. – 2025. – Т. 234. – С. 112863.
- [3] Qiao M. et al. Deep convolutional and LSTM recurrent neural networks for rolling bearing fault diagnosis under strong noises and variable loads //Ieee Access. – 2020. – Т. 8. – С. 66257-66269.
- [4] Vij P., Ashu Nayak A. N. Ai Driven Predictive Maintenance Framework for Multi-Sensor Industrial Robots in Smart Manufacturing //Archives for Technical Sciences. – 2025. – Т. 34. – №. 3. – С. 147-156.

Выводы

Физическая модель делает анализ неисправностей промышленного робота интерпретируемым и прозрачным для человека, а модель машинного обучения работает в формате выявления скрытых закономерностей в многомерных диагностических данных и увеличивает чувствительность к ранним признакам неисправности. Разработанный подход решает задачу прогнозирования ресурса механизмов промышленных роботов с позиций механики. Метод совместим с контроллерами промышленных роботов при учете дополнительных датчиков, что делает его перспективным элементом для предиктивного анализа.