

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Гончарова Аркадия Сергеевича

«Автоматизация управления предиктивным техническим обслуживанием и ремонтом промышленных роботов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Актуальность темы. Диссертация Гончарова Аркадия Сергеевича «Автоматизация управления предиктивным техническим обслуживанием и ремонтом промышленных роботов» посвящена решению научно-технических задач в области предиктивного технического обслуживания на основе данных, а именно автоматизации процессов, связанных с конструированием и подбором моделей анализа данных с использованием методов оценки сходства наборов данных парка оборудования на примере промышленных роботов.

В настоящее время предиктивная аналитика является одним из приоритетных направлений развития методов управления процессами технического обслуживания и ремонта в рамках подхода предиктивного анализа данных. Соответственно для поддержания устойчивого развития отрасли необходима разработка и совершенствование алгоритмического и программного обеспечения, что также будет способствовать аккумуляции инженерных компетенций в области предиктивного анализа данных, подготовке квалифицированных специалистов и импортозамещению зарубежных программных решений.

Актуальными являются как теоретические исследования в данной области, направленные на анализ и реинжиниринг процессов автоматизации управления предиктивным техническим обслуживанием комплексных робототехнических решений, так и результаты апробации.

Целью диссертационного исследования является разработка алгоритмического и программного обеспечения для повышения эффективности процесса автоматизированного управления техническим обслуживанием и ремонтом промышленных роботов с применением комплекса алгоритмов управления моделями анализа данных.

Научная новизна и практическая значимость исследований. В диссертации представлены следующие результаты, обладающие научной новизной и имеющие практическую значимость:

– Предложена методика проектирования информационной системы для автоматизации предиктивного технического обслуживания и ремонта промышленных роботов, отличающаяся обеспечением оркестрации, модульности и масштабируемости на всех этапах технического обслуживания.

– Разработан алгоритм автоматизированного подбора и оценки эффективности модели машинного обучения для прогнозирования параметров работы промышленного робота, отличающийся сокращением времени оценки его состояния до 18 %.

– Разработан алгоритм вычисления меры сходства наборов исторических данных о работе промышленного робота, повышающий эффективность процесса прогнозирования его состояния на 5,1 % при пороговом значении потери точности до 12 %, и отличающийся возможностью обработки гетерогенных данных.

– Разработан алгоритм автоматизированного поиска аномальных значений параметров промышленных манипуляторов, обеспечивающий гибкость процесса мониторинга состояния и отличающийся от штатных программных решений учётом диапазона допустимых значений.

На основе полученных результатов реализованы программные средства, которые внедрены и используются в ООО «Инспайр-технологии» (г. Томск) – в составе программного обеспечения мониторинга работоспособности и оценки текущего состояния промышленного манипулятора, что подтверждено приложенным актом и подтверждает практическую значимость предлагаемых автором методов и алгоритмов, позволяющих решать такие задачи как:

– Подготовка данных, собираемых с парка разнородных промышленных роботов, для формирования обобщенных наборов данных для анализа.

– Формирование диапазона допустимых значений при работе промышленного манипулятора, обеспечивающего гибкость процесса мониторинга состояния оборудования и корректность соблюдения технологического процесса роботизированной ячейки по сравнению со штатным средством мониторинга.

– Автоматизация подготовки и подбора моделей машинного обучения с визуализацией результатов анализа данных (включая формирование оповещений на интерфейс оператора о возникающих отклонениях в рабочем цикле).

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации. Результаты диссертационной работы получены при корректном и обоснованном применении методов оценки сходства данных, анализа данных, имитационного моделирования и подтверждаются проведенными экспериментальными исследованиями на исторических данных о работе парка из разных промышленных роботов.

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях. Опубликованы 12 работ, в том числе 3 статьи в изданиях, включенных в перечень ВАК и 1 работа в зарубежном издании, индексируемых в базах научного цитирования Scopus; получены 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Значимость результатов и рекомендации по использованию результатов. Результаты, полученные автором, были проверены на практике и подтвердили свою эффективность при внедрении автоматизированного процесса подготовки и конструирования моделей анализа данных для

выявления аномальных значений при работе промышленных манипуляторов в ООО «Инспайр-технологии», а также в учебном процессе Инженерной школы информационных технологий и робототехники Томского политехнического университета (ТПУ). Также следует отметить, что результаты диссертации могут быть внедрены на других предприятиях, использующих в своих технологических процессах промышленные манипуляторы и/или роботизированные ячейки.

Оценка содержимого диссертации и её завершенность.

Во введении обосновывается актуальность темы, определяются цели и задачи исследования, раскрывается научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе содержится обзор научно-технической литературы по теме исследования, включая описание применения подходов и методов анализа данных для предиктивного технического обслуживания промышленного оборудования с последующим выводом и формулировкой конкретных задач диссертационного исследования.

Во второй главе рассматриваются вопросы управления наборами и моделями анализа данных в контексте процесса планирования технического обслуживания и ремонта на основе данных. Описывается предложенная архитектура для обеспечения автоматизации конструирования и подбора моделей анализа данных, а также экономическая модель для оценки окупаемости принятия решений.

В третьей главе описываются технические требования и ограничения для алгоритмического и программного обеспечения автоматизации процессов технического обслуживания и ремонта промышленных роботов, а также архитектурные и структурные решения, выбранные для реализации. Приведена схема компонентов программного обеспечения и рассмотрена работа каждого конкретного модуля с использованием диаграмм последовательности.

В четвертой главе описано практическое применение разработанных алгоритмов для анализа данных и подбора обученных моделей на основе методов оценки сходства наборов данных. Оценка экономического эффекта выполнена на базе разработанной имитационной модели, учитывающей ограничения комплекса разработанных алгоритмов.

В заключении работы автор делает выводы по проделанной работе и приводит общие результаты работы, соответствующие цели и задачам диссертационного исследования.

В целом диссертация Гончарова Аркадия Сергеевича является законченным исследованием, описывает решение актуальных задач в области анализа данных для предиктивного технического обслуживания промышленных роботов.

Замечания по работе. К содержанию работы могут быть сделаны следующие замечания:

1. В работе не использована методика формирования научных положений диссертации: содержание, новизна, отличие от аналогов, преимущества, характеристики.

2. Отсутствует список таких определений (для удобства понимания диссертации), как предиктивный подход, оркестровки процессов управления моделями, дискриминационный порог, прецеденты кейсов, метрики тестирования, верификация, валидация, методы улучшения показателей модели (стекинг, бустинг), исторические данные и др.

3. В главе 2 упомянуты шаблоны проектирования «Наблюдатель» и «Правило», но не приведен анализ других шаблонов проектирования, позволяющих реализовать программные системы мониторинга, а также отсутствует анализ «Цифрового двойника», обеспечивающий эффективный мониторинг и ремонт робототехнических систем; приведён набор выбранных методов для отбора значимых параметров, но не дано численное сравнение критериев для обоснования выбора конкретных методов в рамках настоящей работы.

4. В главе 3 описаны преимущества использования нереляционной базы данных для хранения моделей анализа и наборов данных. Существуют и другие варианты возможной реализации, в том числе: файловые и объектно-ориентированные. Также в тексте диссертации не обозначен вопрос использования нереляционных баз данных (например, Redis) на серверном уровне веб-интерфейса оператора, позволяющих повысить скорость обработки больших данных.

5. Имеются опечатки в диссертации (стр. 34, 72, 121, 127) и автореферате (стр. 10, 13, 14, 20, 21).

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования Гончарова Аркадия Сергеевича.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней. Анализ диссертации и автореферата автора показывает, что исследование выполнено соискателем самостоятельно, диссертация написана им лично с применением современных методов научных исследований и цифровых технологий. Работа отличается внутренней целостностью и включает новые научные результаты, представленные к публичной защите, и является законченным научным трудом, имеющим как теоретическую, так и практическую ценность.

Опубликованные работы в достаточной степени отражают содержание и основные результаты, полученные автором диссертации.

Представленная диссертация соответствует пунктам паспорта специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»: п. 6 – «Научные основы и методы построения интеллектуальных систем управления технологическими процессами и производствами»; п. 12 – «Методы создания специального математического и программного обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых

модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включая управление исполнительными механизмами в реальном времени».

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Заключение

Таким образом, диссертация Гончарова Аркадия Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложено решение актуальной научной задачи в области разработки алгоритмов автоматизации управления предиктивным техническим обслуживанием и ремонтом промышленных роботов. Диссертационная работа отвечает критериям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор – Гончаров Аркадий Сергеевич заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело соискателя А.С. Гончарова и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры управления качеством
Факультета инновационных технологий, Заведующий международной лабораторией "Системы технического зрения" ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Заслуженный работник Высшей школы РФ, Заслуженный изобретатель РФ, лауреат Премии Правительства РФ в области образования.

10.03.2025 В. Сырякин

Сырякин Владимир Иванович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Адрес: Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 36

Тел. +7 (3822) 529-604, доб.+7 (3822) 529-585, электронная почта rector@tsu.ru

Подпись Сырякина В.И. заверяю:
Ученый секретарь Ученого совета
Национального исследовательского
Томского государственного университета



О.В. БУХАРОВА