

УДК 338.45; JEL Classification: D29

Инновационное развитие облачного флит-менеджмента в производственных системах с предиктивной аналитикой

П.А. Дроговоз¹, Г.Л. Садовский²

¹профессор, д.э.н., зав. кафедрой «Предпринимательство и внешнеэкономическая деятельность», МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, drogovo@bmstu.ru;

²аспирант кафедры «Предпринимательство и внешнеэкономическая деятельность» МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, sadovskiy.grigoriy@yandex.ru.

Аннотация. Современная практика управления автопарком техники неэффективна из-за устаревших инструментов и механизмов поддержки принятия решений, отсутствия полноценной системы анализа данных в режиме реального времени и обмена информацией. Предлагается внедрение облачной платформы управления автопарком путем интеграции Интернета вещей (IoT) и облачных технологий. Рассмотрен подход к сбору данных, основанный на предиктивной аналитике, позволяющий извлекать достаточное количество данных о состоянии техники и оптимизации процесса работы. Рассмотрен алгоритм утилизации технологий для производственных систем.

Ключевые слова: организация производства, флит-менеджмент, планирование производства, интернет вещей, производственные системы, облачная система, предиктивная аналитика.

Innovative development of cloud fleet-management in production systems with predictive analytics

Pavel Drogovoz¹, Grigoriy Sadovskiy²

¹head of department «Entrepreneurship and International Activity», professor, Doctor of Economic Sc., Bauman University, Moscow;

²postgraduate student, Bauman University, Moscow.

Abstract. Modern fleet management practices are ineffective due to outdated tools and mechanisms to support decision-making, lack of a complete system for real-time data analysis and information exchange. It is proposed to implement a cloud-based fleet management platform by integrating Internet of Things (IoT) and cloud technologies. An approach to data collection based on predictive analysis is considered, which allows extracting a sufficient amount of data on the state of technology and optimization of the process. The algorithm of technology utilization for production systems is considered.

Keywords: production organization, fleet-management, production planning, Internet of Things, production systems, cloud system, predictive analytics.

Введение

В последние годы прогресс в области информационных технологий привел к тому, что все большее число устройств ретранслируют телематические данные. В результате этого данные могут использоваться прикладными программами для получения новых методологий и идей по оптимизации производства и реализации их в контексте производственных систем промышленности [1].

Развитие Интернета вещей (IoT) позволило соединить все вычислительные устройства, взаимодействующие с окружающей средой, минимизируя вмешательства пользователя и других контрагентов. Количество больших данных экспоненциально возрастает, что является вызовом для корректной работы высоконагруженных облачных систем [2]. Проектирование будущих систем и внедрение общих стандартов должно быть реализовано на алгоритмах и технологий анализа данных. В связи с тем, что все эти данные генерируются в больших масштабах, появляется нужда в сервисе для мониторинга диагностического обслуживания автопарка.

Одним из таких решений может стать приложение для мониторинга парка транспортных средств в режиме реального времени для прогнозирования их остаточного срока службы, что поможет компаниям и производственным узлам снизить затраты на логистику управление за счет сокращения среднего времени простоя транспортных средств [3].

Традиционные подходы к техническому обслуживанию автомобилей

Компании направили выездных технических специалистов для проведения регулярных диагностических осмотров и профилактического обслуживания в соответствии с заранее установленным графиком движения транспортных средств. При этом значительная часть финансовых затрат и трудозатрат связана с недостаточной уверенностью в том, что при проверках не произойдет поломок. Несмотря на традиционные профилактические мероприятия, проводимые во избежание простоев транспортных средств, техническое обслуживание активов часто сопровождается неожиданными поломками, которые требуют внепланового технического обслуживания. Традиционные контрольные мероприятия или процедуры контроля качества дают представление о том, что происходит, но только после того, как транспортные средства начали показывать признаки поломки или уже отказали. Профилактическое обслуживание требуется большинству организаций [4], но с графиками, которые были предопределены производителями транспортных средств. Эти графики часто приводят к замене запасных частей задолго до того, как они требуются. Несвоевременная замена деталей и несвоевременное обслуживание приводят к огромным затратам, особенно учитывая тот факт, что техническое обслуживание может не основываться на профилактическом анализе эксплуатационных данных. При возникновении непредвиденных сбоев в работе транспортных средств организации обычно переходят на реактивную модель обслуживания. Это является дорогостоящим и в значительной степени неэффективным. Из-за недостатка информации сервисные инженеры вынуждены искать пути ограничения эксплуатационных потерь и возврата автомобиля в рабочее состояние. Прогнозное техническое обслуживание с использованием передовых аналитических методов улавливает проблемы на ранней стадии и это позволяет выявить и источник проблемы, а также устранить потенциальные проблемы и сбои в работе автомобиля до того, как они произойдут. Такой процесс оптимизирует

сквозные операции по обслуживанию и приводит к общему усовершенствованию в надежности и производительности автомобиля.

Предиктивная аналитика в производственных системах

Важность предиктивной аналитики в контексте системы мониторинга транспорта на практике создает многочисленные усилия для архитектуры разрабатываемого сервиса и повышение его эффективности и качества. Профессиональные облачные решения с поддержкой спец транспорта и внедрение передовых информационных технологий, и оптимизация процессов управления и эксплуатации техники создает новые возможности для бизнеса. Однако, в связи со сложностью, фрагментарностью и неопределенностью производственной отрасли, нынешняя ситуация в сфере систем флит-менеджмента далека от удовлетворительной.

Усовершенствованный статистический анализ исторических данных автомобиля может помочь предсказать, когда техника нуждается в замене или обслуживании. Множественные флит-системы и программные решения предоставляют сервисы для прогнозирования технического обслуживания с обработанными, гармонизированными данными, с возможностью подключения различных типов техники (марок и моделей в том числе). Одни из таких показателей состояния автомобиля могут быть пробег, уровень топлива, давление в шинах, температура окружающего воздуха, температура масла, температура двигателя или обороты [4].

Адаптивная самоорганизующаяся модель (Consensus self-organized models, COSMO) является одним успешных примеров системы прогнозирования технического обслуживания автопарка, которая пытается диагностировать неисправные машины, которые отклоняются от предельных метрик остального автопарка [5]. Внедряя данный метод на основе IoT для предиктивного обслуживания, нужно учитывать три основные узла: а именно, транспортный узел (ТУ), серверный узел (СУ) и корневой узел (КУ).

ТУ представляет собой транспортное средство и выполняет сбор данных, анализ данных, и хранение данных. ТУ подключается к облачной системе всего автопарка через беспроводное подключение к Интернету. СУ отвечает за управление транспортными средствами и выполняет обработку больших данных по тяжелой технике, аналитику по всему парку машин. КУ является центральной точкой администрирования всей системы. КУ контролирует весь парк оборудования и предоставляет интерфейсы приложения с доступом к мониторингу автопарка и отдельных флитов.

Производственные системы в значительной степени полагаются на логистику (экономия затрат, времени и производственных ресурсов). Однако современные пути мониторинга и организации работы техники неэффективны из-за высокого уровня сложности обработки данных вручную, устаревших инструментов поддержки принятия решений, некорректности данных в режиме реального времени и неэффективных механизмов обмена информацией [6].

Для решения этих проблем и облегчения управления и облегчения эксплуатации транспортных средств в статье предлагается облачная платформа управления автопарком путем интеграции преимуществ Интернета вещей (IoT) и облачных технологий с предиктивной аналитикой по каждому из описанных узлов. Использование данной системы по управлению транспортом позволит экономично использовать эту технику и снижать затраты между различными поставщиками транспортных услуг. Кроме того, подход к извлечению данных, основан на

достаточном количестве данных о транспортировке в течение всего логистического процесса.

Предиктивная аналитика предполагает использование исторических/прототипированных данные для построения моделей, которые используются на реальных данных для принятия прогнозов и обоснованных решений [7, 8]. Текущие исследования в этой области показывает, что несколько стратегий могут быть использованы для проведения предиктивного анализа, который включает в себя:

- сводную статистику, которая анализирует поведение оборудования, чтобы узнать интересную статистику. Например, подсчет неисправностей и определение эффективности оборудования;
- проверка гипотез, которая состоит в следующем поиск причинно-следственных связей;
- кластеризация, которая используется для поиска новых концепций и позволяет объединять гетерогенные группы элементов, которые должны быть сгруппированы по схожести. Это может быть использовано для группировать данные датчиков по категориям неисправностей;
- классификация, которая может быть использована для анализа различных неисправностей;
- обнаружение аномалий, которые могут быть использованы для поиска аномальных сигналы из-за неисправности или сбоя оборудования;
- частый поиск закономерностей, который находит корреляцию между предметами и может использоваться для поиска неисправностей, которые часто встречаются в уязвимых конструкциях;
- процесс получения данных, которая восстанавливает последовательность действий с использованием данных о событиях и может быть использована для обнаружения отклонений;
- выбор датчика, что повышает точность выбранного модели.

Существует две основные категории прогностического анализа в управлении парком транспортных средств, а именно: прогностический анализ в масштабах всего парка транспортных средств (fleet-wide) и прогностический анализ на борту (on-board) [9]. Бортовой анализ выполняется локально на транспортном средстве, т.е. только на одном транспортном средстве посредством модели машинного обучения.

Анализ внедрения цифрового решения

Непосредственное внедрение этих передовых технологий в процесс аналитики автопарка сопряжено со значительными трудностями, обусловленными специфическими и сложными условиями. Большинство транспортных компаний на отечественном рынке — это малые и средние предприятия (МСП) с относительно небольшим автопарком. Поэтому, учитывая время и стоимость разработки индивидуальной системы через облачное решение влечет существенные инвестиции. Целесообразно внедрять соответствующие системы для удовлетворения специфических требований к конкретным отраслям производства.

Для одного такого проекта может быть задействовано несколько транспортных компаний с разными информационными системами. Кроме того, для каждой производственной компании она может работать и над несколькими параллельными проектами, которые, как правило, предъявляют разные требования к обмену данными и их типам. Несогласованность данных существует всегда. С одной стороны, это связано с тем, что данные о транспортировке собираются независимо и

хранятся отдельно каждой компанией. С другой стороны, плохое сетевое покрытие или сбои во время сборки, особенно при коммутации множественного количества оборудования, что больше затруднит синхронизация данных между различными контрагентами [10].

Для эффективного решения данной проблематики предлагается переход на облачную платформу управления автопарком с предиктивной аналитикой техники посредством интеграции технологий IoT и облачных технологий.

Путем визуализации всех транспортных узлов и объединение их в облачную структуру, решение позволит использовать технику транспортными компаниями динамически рациональнее и получать доступ к услугам мониторинга и настраивать их так, чтобы удовлетворить свою управленческую деятельность и выполнение разнообразных требований проекта [14].

Архитектура решения и визуализация данных в реальном времени

В настоящей работе предлагается архитектура IoT, предназначенная для поддержки управления автопарком. Эта архитектура основана на архитектуре, предложенной в статье [11]. Она разделена на три слоя (слой восприятия, слой промежуточного программного обеспечения, и прикладного слоя), которые являются ключевыми структурами IoT. Слой восприятия абстрагирует данные и встраиваемые системы. Он выполняет функции зондирования, хранения, работы в сети и применения машинного обучения, предоставляет интерфейс для низкоуровневых узлов.

Уровень промежуточного программного обеспечения абстрагирует облачный интерфейс и в целом обеспечивает более высокую производительность хранения данных, работы в сети и машинного обучения по сравнению с слоем восприятия. Он обеспечивает интерфейс к узлам уровня восприятия. Прикладной уровень аналогичен прикладному уровню IoT. На уровне восприятия ТУ представляет собой одно транспортное средство. ТУ состоит из сети J1939 и шлюза. Считывая трафик J1939, шлюз ТУ может выполнять сбор, агрегирование и анализ данных с помощью датчиков. Данные хранятся с помощью встроенной базы данных. Шлюз соединяет сеть J1939 с системой автопарка. На каждом шлюзе ТУ установлен административный агент программного обеспечения, позволяющий администраторам удаленно обновлять программное обеспечение ТУ.

Поскольку ТУ является мобильным, он должен иметь подключение к сети через беспроводные технологии, такие как Wi-Fi и LTE. Сетевой протокол, работающий поверх TCP/IP (Message Queuing Telemetry Transport, MQTT), используется в качестве межмашинного протокола для связи между ТУ и автопарком. Ведущий узел сервера (Server Leader Node, SLN) находится на промежуточном уровне. Его можно найти в тумане (облако с ограниченными ресурсами) или в облаке. Он отвечает за управление ТУ в географическом регионе.

У модульного шлюза SLN есть брокер MQTT, который обеспечивает ее автопарк ТУ возможностью взаимодействия друг с другом и с самой SLN. В каждой SLN хранятся фрагменты распределенной базы данных системы автопарков (DDB). Данные о парке флота региона могут храниться в его SLN фрагменте DDB, что обеспечивает локализацию данных и, следовательно, повышает их доступность [12][13]. По замыслу разработчиков SLN может выполнять анализ данных по всему автопарку. На прикладном уровне корневой узел (KV) отвечает за управление всей системой флота. Он является центральной точкой доступа системы автопарка,

обеспечивает интерфейс для приложений IoT, соединяет узлы автопарка с системой и позволяет осуществлять администрирование всей системы автопарка. В КУ установлен брокер MQTT, который позволяет подавать запросы на доступ к системе автопарка по узлам автопарка, использующим базу данных конфигурации автопарка. В ней установлены сервер администрирования и агент администрирования, которые позволяют администраторам удаленно настраивать программное обеспечение любого узла системы.

Модель датчиков данных в реальном времени с поддержкой IoT для систем производственной логистики разработана для своевременного приобретения, переработки и утилизации производственные и логистические данные, в которых используются интеллектуальные устройства в физическом уровне. Благодаря использованию полученных данных, цифровая визуализация производственной логистики системы предназначены для предоставления конечным пользователям простых в использовании услуг производственного состояния, логистическое планирование и навигация по маршрутам. В этой модели она состоит из трех модулей, т. е. конфигурация интеллектуальных устройств, считывание и обработка данных, и визуализация.

Заключение

Компании направляют технических специалистов на местах по фиксированным графикам для проведения плановых диагностических осмотров и профилактического обслуживания развернутых транспортных средств. Но этот дорогостоящий и трудоемкий процесс. Он не гарантирует, что сбой не будет в промежутке между проверками. Прогнозируемое техническое обслуживание максимально увеличивает срок службы автомобиля и обеспечивает оптимизированная производительность. Используя предиктивную аналитику, можно предвидеть ряд проблем, которые могут возникнуть задолго до этого. С предложенными подходами на основе систем для прогнозирования технического обслуживания организации возможно быстро развернуть передовую аналитику и получить возможность принимать решения в режиме реального времени. Компании могут проводить прогнозное обслуживание и управление операциями с помощью рабочих процессов, полученным с помощью систем аналитики и решений на их базе. С помощью этих аналитических данных в режиме реального времени клиенты могут превратить прогностическое обслуживание, основанную на аналитике в режиме реального времени на всех этапах развертывания на местах.

Литература

1. Павлов Е.О., Монахов В.А. Производственные системы: теоретические аспекты функционального анализа и перспективы инновационного развития // Российское предпринимательство. – 2018. – Том 19. – № 10. – С. 3029-3040. – doi: 10.18334/rp.19.10.39506
2. Дроговоз П.А., Кошкин М.В. Анализ инновационных технологий в промышленности: блокчейн, интернет вещей // Вестник университета (ГВУ). 2019. № 3. С. 38-43.
3. Gangyan Xu, Ming Li, Lizi Luo, Chun-Hsien Chen & George Q. Huang (2018): Cloud-based fleet management for prefabrication transportation, Enterprise Information Systems, DOI: 10.1080/17517575.2018.1455109
4. Fan, Y., Nowaczyk, S. and Rögnvaldsson, T., 2015. Evaluation of Self-Organized Approach for Predicting Compressor Faults in a City Bus Fleet. Procedia Computer Science, 53, pp.447-456.

5. Byttner, S., Rögnvaldsson, T. and Svensson, M., 2011. Consensus self-organized models for fault detection (COSMO). *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 24(5), pp.833-839.
 6. Орлова Н.А., Шиндина Т.А. Совершенствование логистической системы производственного предприятия // Сибирский журнал науки и технологий. 2018. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-logisticheskoy-sistemy-proizvodstvennogo-predpriyatiya> (дата обращения: 24.11.2020).
 7. Spüntrup, F. and Imsland, L., 2018. Asset fleet management in the process industry - a conceptual model. *IFAC-PapersOnLine*, 51(18), pp.281-286.
 8. Oraibi, I., Otero, C. and Olasupo, T., 2017. Empirical path loss model for vehicle-to-vehicle IoT device communication in fleet management. *2017 16th Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop (Med-Hoc-Net)*.
 9. Kinnunen, S., Arola, S. and Kärrä, T., 2020. The value of fleet information: a cost-benefit model. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 34(3), p.321.
 10. Cheng, Y., F. Tao, L. Xu, and D. Zhao. 2016. "Advanced Manufacturing Systems: Supply–Demand Matching of Manufacturing Resource Based on Complex Networks and Internet of Things." *Enterprise Information Systems* 1– 18. doi:10.1080/17517575.2016.1183263.
 11. Ding, B., Mends, D., Kiringa, I., Yeap, T., Iot architecture with hybrid communication modes for fleet management, in: Technical report, Faculty of Engineering, University of Ottawa, Ottawa, Ontario, Canada.
 12. Vaquero L.M., Rodero-Merino L. Finding your way in the fog: Towards a comprehensive definition of fog computing *ACM SIG-COMM Computer Communication Review*, 44 (2014), pp. 27-32
 13. Killeen, P., Parvizimosaed, A., 2018. An ahp-based evaluation of real-time stream processing technologies in iot, In: Course report, Faculty of Engineering, CSI5311, University of Ottawa, Ottawa, Ontario, Canada, Winter 2018.
- Тезисы докладов:**
14. Садовский Г.Л. Применение больших данных и систем аналитики для эффективного управления проектами // Управление научно-техническими проектами (Москва, 3 апр. 2020 г.): сб. материалов IV междунар. науч.-техн. конференции / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана, С. 225-228.