

Проектирование системы контроля ручных операций на основе технологий искусственного интеллекта и машинного обучения

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы применения технологий искусственного интеллекта и машинного обучения при проектировании систем контроля ручных операций сборки и ремонта сложной техники. Сегодня взятый курс на цифровизацию ключевых секторов экономики РФ открывает широкую перспективу применения таких сквозных технологий, как нейротехнологии и искусственный интеллект, как в сфере производства, так и в сфере ремонта, сервисного обслуживания и сборки сложной техники. Это позволяет сокращать время выполнения данных работ при одновременном повышении их качества. В статье представлен обзор существующих решений для контроля ручных операций в сфере производства и регламентного обслуживания оборудования и сложной техники. В качестве практической реализации прототипа подобной системы, в статье приведен пример реализованного сценария обучения искусственных нейронных сетей для распознавания деталей турбокомпрессора 7С-6М 740.60-1118010.

Ключевые слова. Нейронные сети, распознавание, машинное обучение, искусственный интеллект, контроль ручных операций, техническое обслуживание сложной техники, сквозные технологии.

Введение

Несмотря на то, что многие технологические процессы сегодня автоматизируются, и ручной труд активно заменяется робототехническим оборудованием при сборке, техническом обслуживании и ремонте техники остаются процессы, в которых человека заменить невозможно, а значит есть риск ошибки.

Конструкторская и прочая документация на многих производствах всё ещё хранится в бумажном виде, а сотрудники сборочного производства и наладки действуют, в основном, по памяти. Инструкции, которыми они руководствуются, не всегда удобны для оперативного поиска информации. В итоге вероятность ошибки возрастает.

Основная часть (методология, результаты)

Взятый курс на цифровизацию ключевых секторов экономики РФ и появление новых классов техники остро поднимает вопрос создания инфраструктуры и систем, обеспечивающих ее нормальное функционирование. При разработке новой техники, с включением в нее сложных инженерных систем, должен меняться и сам подход к ее обслуживанию и к подготовке специалистов, которые ее эксплуатируют.

Использование сложной техники требует от обслуживающих ее кадров новых компетенций: от инженеров и техников — умения эксплуатировать, производить сервисное обслуживание и ремонт такой техники. Особенно это актуально в тех сферах, где качество обслуживания напрямую оказывает влияние на жизнь и здоровье людей (авиационная сфера, автомобилестроение), где присутствует достаточно высокий риск возникновения происшествий, связанных с низким качеством технического обслуживания.

По данным исследований, от 25% до 35% летных происшествий и инцидентов в гражданской авиации за последние 20 лет происходят по вине инженерно-авиационной службы в основном из-за низкого качества технического обслуживания. По данным американских ученых, из общего количества отказов наземной электронной вычислительной техники 30% приходилось на долю обслуживающего персонала вследствие недостаточной его квалификации.

Другой существенной проблемой, с которой сталкиваются непосредственно собственники техники - продление срока ее эксплуатации за счет повышения качества ее обслуживания. С учетом развития и внедрения роботизированной техники, требования к ее эксплуатации и обслуживанию только повышаются.

Говоря о цифровизации экономики, следует сказать о тренде развития программного обеспечения и программно-аппаратных комплексов с прикладным использованием технологий нейронных сетей и машинного обучения. Такие технологии могут эффективно применяться и в сфере контроля ручных операций при проведении регламентного обслуживания, ремонта и сборки сложной техники.

Интерес к подобным технологиям сегодня начинают проявлять ряд ведущих зарубежных компаний - Microsoft, Apple, Google, Caterpillar, Audi, Volkswagen, BMW, Hyundai Motor Company.

Проведенный обзор существующих решений на рынке автомобилестроения показал, что лидеры автомобильной промышленности начинают использовать такие технологии для повышения качества сборочного производства.

Так компания BMW активно пользуется специальными головными дисплеями и очками во время ремонта и сборки машин. Также BMW активно использует специально созданное приложение для технического обслуживания сложных технических агрегатов автомобиля, оказывающее консультационную поддержку механикам для проведения точного и быстрого ремонта.

Другой производитель, концерн Fiat Chrysler Automobiles (FCA), применил в своей работе проекционную систему дополненной реальности OPS Solutions. Теперь на каждом этапе сборочного процесса рабочие получают наглядную информацию о своём следующем шаге.

Немецкий производитель, концерн Volkswagen, установил специальное оборудование, при помощи которого на готовых моделях отображаются виртуальные сведения, позволяющие оценить те или иные детали.

Сервисные компании и поставщики могут в значительной степени повысить качество обслуживания своих клиентов. В частности, в отраслях, где задачи обслуживания становятся все более сложными, способность дополненной реальности интуитивным образом предоставлять последовательность выполнения рабочих процессов и процессов технической эксплуатации является огромным преимуществом с точки зрения затрат, своевременности и безопасности.

Использование специального экспертного программного обеспечения в процессе разборки и сборки устройств позволяет исключить пропущенные шаги или неправильную последовательность выполнения ремонта.

Одно из таких направлений – это создание **нейроассистентов**. Развитие технологии понимания естественного языка, разработка глубокого машинного обучения, позволяет создавать персональных электронных ассистентов гибридного человеко-машинного интеллекта. Виртуальный ассистент регламентного обслуживания техники с возможностью работы в интерактивном режиме с использованием базы знаний для контекстных инструкций и подсказок. Система распознает элементы узла/детали сложного технического изделия или техники, отслеживает выполнение технических процессов, фиксирует ошибки и уведомляет об этом специалиста, осуществляющего ремонт или регламентное обслуживание. Подобное решение позволяет в разы повысить качество обслуживания сложной техники.

В основе таких решений лежит предварительно обученная нейронная сеть глубинного обучения. Она производит анализ видеопотока с камеры в режиме реального времени и если специалист осуществляет ошибку при сборке, система начинает сигнализировать об этом, а затем подсказывает верное решение по последовательности проводимых технических операций.

Конечная цель данных систем - получение комплексной информации:

- о свойствах предметов (деталей, объектов), к которым относятся как геометрические параметры, их формы, так и перемещение предметов;
- о структуре объектов, определяемой их оптическими свойствами (например, в процессах контроля качества сварочных операций, измерения толщины швов и др.).

В качестве практической реализации прототипа подобной системы в статье приведен пример реализованного сценария обучения искусственных нейронных сетей для распознавания деталей турбокомпрессора 7С-6М 740.60-1118010.

Сборка турбокомпрессора (турбокомпрессора 7С-6М 740.60-1118010) проводилась из 8 деталей в 11 этапов (согласно технологическому регламенту). В общей сложности получилось 27 объектов распознавания (так как некоторые детали разбивались на 2 части, сверху и снизу). Первоначально было создано тестовое видео. На видео присутствовали детали и под-сборки с разных углов обзора (всего 27 деталей, в кадре присутствовала только одна деталь). Для данного видео был создан CSV файл, где на каждом 10 кадре было отмечено, какая деталь присутствует на экране. Далее для 15 приоритетных деталей была отмечена средняя вероятность и посчитано итоговое среднее значение всей нейронной сети для данного набора.

На основе полученных данных был построен график, где по оси *Oy* указывалось количество шагов, по оси *Ox* средняя вероятность распознавания объектов.

В конечном итоге, после 5500000 шагов вероятность превысила 0.95, после чего сильно не изменялась. Для обучения нейронной сети использовались изображения объектов распознавания с разных положений углов и на разных фонах. Всего было получено 27500 кадров (примерно по 1000 кадров на каждый объект).

Для работы была использована свёрточная нейронная сеть ResNet – 50, разработанная компанией Microsoft, содержащая прямые соединения между нейронами, расположенными через один уровень.

Для работы с нейросетями была использована библиотека Tensorflow. В качестве преимуществ использования данной библиотеки можно выделить следующие:

- одна из самых быстрых библиотек;
- открытая лицензия Apache 2.0;
- доступ из языков Python, C++, Java, Haskell, Go, Swift API;
- поддержка операционных систем Linux, Windows, macOS, iOS, Android;
- поддержка Google и облачных вычислений.

В качестве альтернативных библиотек могут быть использованы Keras, Theano, Deeplearning4j.

Для работы системы распознавания должны выполняться следующие условия:

- на столе (рабочей зоне) не должно быть лишних предметов;
- помещение, в котором происходит сборка, должно иметь хорошее освещение;
- отсутствие бликов на деталях турбокомпрессора;
- стол, на котором производится сборка, должен быть однотонный, цвет стола не должен совпадать с цветом деталей;
- камера должна быть установлена сверху над столом.
- детали не должны соприкасаться друг с другом или перекрывать друг друга.

Реализация такой системы контроля ручных операций обеспечивает решение следующих задач:

- распознавание действий оператора, а также контроль местоположения и определение ориентации деталей, комплектующих и производственного оборудования;
- измерение технологически значимых параметров производственных объектов, процессов и работ, создаваемых и выполняемых с применением ручных операций;
- сопоставление измеренных параметров объектов, процессов и работ с параметрами, предусмотренными технологическим процессом и нормативно-технической документацией и выявление недопустимых отклонений;

– фиксация выявленных отклонений и оперативное доведение информации о них заинтересованным лицам с целью реагирования.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В заключении следует отметить, что целесообразность внедрения подобных систем на производственных и сервисных предприятиях обоснована в следующих случаях:

- процесс сборки, ремонта или обслуживания представляет собой сложный цикл и риск возникновения брака достаточно велик;
- возникновение брака влечет за собой высокие затраты (материальные, трудовые) на повторение технологического цикла.

Проведенный обзор существующих на рынке решений показал, что системы контроля ручных операций на основе технологий искусственного интеллекта и машинного обучения, в настоящий момент, не получили достаточно широкого распространения.

Система контроля ручных операций может быть расширена до комплексной системы послепродажного обслуживания сложной техники, охватывая весь ее жизненный цикл. Поставляемая современная техника, в том числе роботизированная, может быть оснащена такой системой, а не продаваться как отдельный сервис. При покупке техники потребитель получает инструмент по ее эффективному обслуживанию и продлению срока ее службы, выявляя возможные поломки и неисправности до момента их возникновения.