

Контроль качества продукции в машиностроительном производстве с использованием современных цифровых технологий

Product quality control in machine-building production using modern digital technologies

УДК 658.5

Получено: 29.10.2022

Одобрено: 16.11.2022

Опубликовано: 25.12.2022

Никитин Г.А.

Аспирант кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация» Московского политехнического университета

Nikitin G.A.

Postgraduate student of the department of standardization, metrology and certification, Moscow Polytechnic University

Алексашина О.В.

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация» Московского политехнического университета
e-mail: Svirukova@yandex.ru

Aleksashina O.V.

Candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of standardization, metrology and certification, Moscow Polytechnic University
e-mail: Svirukova@yandex.ru

Гринюк О.Н.

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Вычислительная техника и информационные технологии» Новомосковского института Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева

Grinyuk O.N.

Candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of computer science and information technology, Novomoskovsk Institute of the Russian Chemical-Technological University. DI. Mendeleev

Аннотация

Объектом исследования является разработка научно-методических основ, рекомендаций и документов по интеграции методов управления качеством и цифровых технологий для максимально продуктивного симбиоза цифровых технологий и СМК в сфере нейронных сетей и блокчейн-элементов, применяемых на предприятии машиностроения на примере завода Катерпиллар Тосно, для контроля качества продукции. В работе описывается оснащение предприятия, состояние контроля качества и системы менеджмента качества на данный момент, а также планируемое внедрение на предприятии элементов контроля качества с использованием современных технологий, таких как нейросети и блокчейн-элементы.

Ключевые слова: менеджмент качества, контроль качества, нейросети, цифровые технологии.

Abstract

The object of the research is the development of scientific and methodological foundations, recommendations and documents on the integration of quality management methods and digital technologies for the most productive symbiosis of digital technologies and QMS in the field of neural networks and blockchain elements used in a mechanical engineering enterprise, using the example of the Caterpillar Tosno plant, for quality control products. The paper describes the equipment of the enterprise, the state of quality control and quality management systems at the moment, as well as the planned introduction of quality control elements at the enterprise using modern technologies, such as neural networks and blockchain elements.

Keywords: quality management; quality control; neural networks; digital technology.

В настоящее время весь мир переживает массовую цифровизацию, кардинально меняющую уклад жизни, как отдельно взятого человека, так и различных систем. Внедрение новых технологий на производстве в сфере контроля качества продукции вызывает необходимость актуализации систем менеджмента качества. Основным нововведением в данной сфере является переход на машинный контроль качества компонентов и готовой продукции, осуществляющийся обучаемой нейросетью. Таким образом, востребованным становится вопрос исследования процессов актуализации систем менеджмента качества, целью которой является повышение управляемости процессов контроля качества производимых изделий и входных компонентов на предприятии за счет оперативно получаемой информации об их состоянии в режиме реального времени. Модернизация производства в сфере контроля качества элементами, оснащенными искусственным интеллектом, требует новых подходов к разработке и содержанию системы менеджмента качества, так как многие функции, возложенные ранее на человека, передаются машинам, в том числе и функции принятия решений. На данный момент отсутствие возможности классифицировать искусственный интеллект, с точки зрения требований системы менеджмента качества, делает данную задачу наиболее актуальной. Целью работы является разработка, внедрение и модернизация системы менеджмента качества на предприятии машиностроения в сфере использования оборудования для контроля качества, содержащего нейросеть [1-2].

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- выделить и классифицировать понятия «нейросети» в сфере менеджмента качества;
- провести анализ имеющегося оснащения и программно-аппаратной части на предприятии;
- исследовать проблемы при внедрении современных цифровых технологий на предприятии;
- проанализировать действующие СМК, выявить проблемы в их использовании;
- спланировать поэтапную интеграцию современных цифровых технологий в СМК на предприятии;
- разработать практические рекомендации для внедрения СМК, основанной на интеграции методов управления качеством и цифровых технологий.

По результатам работы будет разработана методика практической интеграции методов управления качеством и цифровых технологий в области нейросетей и оборудования контроля качества, использующего в своей основе автономный анализ и контроль качества продукции и компонентов. Данная методика позволит определить статус подобных нейросетей в производстве, а также определить их влияние на качество продукции. По этой методике будет разработана система менеджмента качества,

позволяющая эффективно использовать данные технологии при контроле качества продукции.

Работа проводится на базе Катерпиллар Тосно – завода по производству строительной техники, который является предприятием полного цикла изготовления, начиная от обработки металла на заготовительных участках до выпуска готового изделия.

На производстве функционирует своя система менеджмента качества CQMS, которая полностью соответствует требованиям стандартов ISO. Согласно данной системе, на предприятии функционируют зоны контроля качества, имеющие название «ворота качества». Данные зоны расположены между всеми сборочными площадками, что позволяет проводить контроль качества деталей и сборочных элементов непосредственно перед каждым этапом сборки. В каждой зоне «ворот качества» вручную проверяется качество сварных соединений и сборки. При обнаружении дефекта узел отправляется на доработку и исправление. Если узел исправлению не подлежит, его утилизируют. Визуальный осмотр и поиск сколов и трещин так же имеет большое значение при проверке деталей на пригодность. По прохождению «ворот качества» в паспорт узла вручную вносятся все необходимые данные о проверке.

Внедрение технологий искусственного интеллекта производится в секторах «ворот качества». «Ворота качества» помогают убедиться в том, что проект хорошо продуман с технической точки зрения и может переходить на следующий этап сборки. Для этого предварительно определяются условия, основанные на аспектах проекта, которые можно измерить. Примерами условий могут быть количество уязвимостей, соответствие выходных данных целевому уровню или время компиляции. Эти этапы минимизируют риски появления дефектов с помощью контрольных списков по этапам и позволяют руководителям проектов постоянно быть информированными о процессе, сокращая время цикла разработки за счет достижения более высоких показателей успеха и повышения внимания к хорошо разработанному продукту. Когда изделие проходит «ворота качества», результаты сборки проверяются на соответствие заданным критериям, и выдается информация о статусе. Существует три возможных статуса ворот качества:

1. «Пройден» - требования проверки на «воротах качества» выполнены, и производство может продолжаться.
2. «Предупреждение» – требования проверки на «воротах качества» могут быть не выполнены или выполнены с трудом, и их следует проверить, прежде чем продолжать производство.
3. «Провал» - требования проверки на «воротах качества» не соблюдены, и проблемы должны быть решены до продолжения производства.

«Ворота качества» настраиваются, и их формат зависит от уровня требований к качеству продукции. Некоторые компоненты, например, с внутренними структурами, могут нуждаться в более жестких требованиях, чем другие. Контрольные списки результатов могут применяться на протяжении всей сборки, и переход к каждому этапу требует успешного выполнения пунктов списка. Формальное подписание и принятие являются обязательными на каждом этапе. Менеджер и испытатели на каждом этапе «ворот качества», а также старший руководитель или спонсор, вовлеченный в проект, должны иметь доступ к контрольным спискам и чек-листам. Затем оценка качества и целостности продукта и информации должна быть доведена до сведения соответствующих заинтересованных сторон. Доступность данной информации обеспечивается базой данных, специально настроенной под сбор данных по всем проверкам, а также в аналоговом виде на листах бумаги, которые прикрепляются к каждому изделию и следуют за ним вплоть до выпуска машины.

Так как все вышеперечисленные действия проводятся вручную специально обученным специалистом – не исключается вероятность грубой ошибки, вызванной

человеческим фактором. Более того, проверки на каждом этапе сборки требуют больших временных и финансовых затрат. В связи с этим все отрасли промышленности все больше склоняются в сторону искусственного интеллекта (далее ИИ) из-за возможностей, которые он предлагает. Некоторые люди часто считают, что ИИ развивается, чтобы заменить человека. Однако он просто улучшает способы проведения процессов. Было бы лучше, если бы люди рассматривали человека и ИИ как фантастическое партнерство, открывающее множество новых возможностей. Для производства ИИ творит чудеса в плане сокращения дорогостоящих отзывов продукции, отслеживая данные с помощью анализа [3]. Для производственной системы возможность обрабатывать данные в режиме реального времени, собранные с машин, и выполнять интеллектуальный анализ этих данных с помощью внедрения технологий искусственного интеллекта позволяют прогнозировать и понимать критические события и решать проблемы непосредственно перед возникновением какой-либо опасной ситуации, а также потерь. Эта способность производственных систем даже позволяет машине выполнять профилактическое обслуживание и создавать хорошо работающие производственные узлы.

Таким образом, каждая отрасль может использовать преимущества искусственного интеллекта для:

- получения информации о недоиспользуемых или неиспользуемых ресурсах;
- улучшения производительности за счет регулярного анализа;
- преодоления барьеров, включая языковые и экономические, которые могут ограничивать рост и развитие компании;
- для необходимых улучшений в существующих способностях для более эффективного управления;
- учёта всех факторов, которые могут способствовать достижению целей в области качества бизнеса.

Проверки качества обычно связаны с проверками размеров, веса, внешнего вида (например, уровня отделки, цвета и т.д.), характеристик (например, эластичности, водонепроницаемости, сопротивления и т.д.), функциональных возможностей устройства. Большинство этих проверок можно автоматизировать с помощью датчиков или измерительного оборудования, в то время как другие требуют более сложных элементов управления, которые трудно автоматизировать и обычно требуют вмешательства человека, что может увеличить затраты и привести к ошибкам. Возьмем, к примеру, визуальную проверку качества окончательной упаковки. Или другие проверки, требующие использования других органов чувств человека, таких как слух (например, обнаружение «странных шумов») или даже вкуса (например, органолептические свойства продуктов питания и напитков). В этих случаях соответствующие датчики могут собирать необработанные данные (например, видео, аудио), но затем требуется интерпретация данных, поскольку часто нет четких правил, определяющих, что хорошо, а что нет. Здесь методы машинного обучения, основанные на обучении на ряде случаев для получения модели, которая постоянно обновляется на основе опыта любых новых случаев, эффективно применяются с высоким уровнем достоверности. Дополнение человеческих усилий по улучшению, автоматизации и ускорению проверок качества – не единственное и не самое важное применение ИИ для управления качеством в производстве. В течение многих лет исследователи и практики занимались проблемой предотвращения проблем с качеством в производстве, формализованных в ряде методов и процедур, таких как всеобщее управление качеством и другие. Многие из них либо сосредоточены на улучшении внутреннего качества производственных процессов, либо пытаются облегчить анализ коренных причин проблем с качеством (например, диаграммы Исикавы). Однако реальная проблема, стоящая за этими усилиями, всегда заключалась в присущей реальной производственной среде сложности с необходимостью учитывать большое количество внутренних

параметров, которые можно обобщить в критериях: человек, машина, материал, метод. Методы машинного обучения теперь могут предоставить ценный инструмент для анализа первопричин. Действительно, в основе ИИ лежит способность находить корреляции из больших наборов информации. Оцифровка бизнес-процессов – не только производства, но и проектирования, логистики, обслуживания, финансов – вместе с продолжающимся внедрением промышленного интернета вещей меняет производственный мир, предоставляя обширный, богатый набор данных, которые современные методы машинного обучения могут легко использовать.

Искусственный интеллект делает управление качеством более бережливым процессом. Когда мы говорим о бережливом процессе, мы имеем в виду сосредоточение на основных вещах эффективно и результативно. Новые технологии, такие как искусственный интеллект и машинное обучение, помогают организациям раскрыть новые возможности для оптимизации и рационализации процессов.

Искусственный интеллект делает управление качеством менее трудоемким процессом, создавая целостный подход к решению важнейших задач, таких как выявление потенциальных причин производственных проблем, определение лазеек, которые могут привести к сбоям, и многое другое. Это помогает экономить ресурсы и время, сохраняя при этом операционную эффективность.

Искусственный интеллект и нейросети в области контроля качества продукции в данный момент только начинают внедрять на производство. Одним из элементов подобного контроля для будущего внедрения на предприятии является нейросеть для входного видео- и фотоконтроля качества поступающих компонентов для сборки.

Система видеомониторинга позволяет в автоматическом режиме проверять качество поверхности деталей как на этапе входного контроля, так и на «воротах качества». Распознавание дефектов на поверхности каждой детали происходит непосредственно при помощи системы видеомониторинга и специализированной нейросети, анализирующей изображения и выявляющей дефекты.

Нейросеть выявляет различные виды дефектов, включая трещины, ржавчину, инородные включения. Вся информация о найденных дефектах сохраняется и отображается в виде аналитической сводки о количестве брака по типу дефекта, отбракованных деталей и вносится в цифровой паспорт узла. Сотрудникам доступна возможность гибкой настройки индивидуальных параметров отбраковки деталей – выбор типа дефекта и его размера согласно технической спецификации выпускаемой продукции. При настройке видеомониторинга данных систем определяется диапазон «обучающих» изображений с возможными дефектами, которые сохраняются в специальной директории. Затем нейросеть делает вывод о том, являются ли новые продукты «хорошими» или «дефектными», используя данные обучения.

Другим элементом контроля является машинный контроль качества сварных соединений. С помощью «механизированной руки» со встроенным ультразвуковым оборудованием данное приспособление анализирует сварное соединение на наличие дефектов и также отправляет все данные в цифровой паспорт узла. Ультразвуковой метод контроля позволяет выявить скрытые дефекты сварных швов: пустоты, трещины, непровары, разнородный химический состав, механические повреждения. В основе технологии лежит линейность движения звуковых волн в гомогенных средах. УЗ-колебания, направленные внутрь проверяемого объекта, отражаются от любых неровностей. Оборудование состоит из трех частей. Механизированная рука перемещает дефектоскоп, который излучает и поглощает волны, а пьезоэлектрический преобразователь регистрирует их и трансформирует в электрические. Данные выводятся на электронный экран устройства, и в автоматическом режиме передаются все данные на сервер, в базу данных. По ним выявляют дефекты, их геометрические параметры и др. Так, по амплитуде отраженного импульса судят о размере, по его скорости распространения – о глубине залегания. Обработка всех данных, производимая

нейросетью, позволяет более точно визуализировать дефекты и в автоматическом режиме принять решение о годности или негодности детали.

Использование подобных систем на предприятии позволяет уменьшить количество ошибок и максимально повысить качество продукции с помощью компьютерного зрения, обработки большого массива данных и обоснованных отчетов об ошибках или дефектах [4].

В зарубежных исследованиях похожих систем, приведенных в источниках, на ранней стадии разработки, во время тестирования, искусственный интеллект в области контроля качества сократил время проверки на 80 процентов, а количество ошибок в производстве сократилось на 7–10 процентов [5].

Исходя из исследования Indiana State University (США), подобный алгоритм, разработанный компанией IBM, достиг 97% уровня точности определения дефектов, в то время как ручной контроль обеспечил около 90% точности. IBM предложили гибридную модель, состоящую из неконтролируемого (кластерный анализ) и контролируемого алгоритмов для улучшения качества продукции и процесса производства. В подробном исследовании представители Indiana State University использовали данные контроля качества производства. Они доказали, что алгоритмы глубокого обучения (с использованием видеомониторинга) имеют преимущество в производительности перед методами поверхностного контроля (в данном случае, программного обеспечения по обработке входных данных совместно с ручным контролем качества). Кроме того, они обнаружили, что производительность алгоритмов глубокого обучения пропорциональна размеру выборки, собрали данные за 3 года из 6 заводов в США и Японии, использующих похожие системы контроля, и пришли к выводу, что модель контроля качества с использованием ИИ лучше всего справляется с прогнозированием ошибок и дефектов, а также выявляет причины их появления с точностью 94,5% [6].

В заключение стоит отметить, что программное обеспечение для управления качеством, управляемое искусственным интеллектом, помогает организации оптимизировать технологические циклы и повысить общую эффективность организации, особенно для задач, связанных с производством. Оно также помогает проводить прогнозный анализ процессов управления качеством и всех его основных аспектов.

Искусственный интеллект уже постепенно внедряется для автоматизации нашей повседневной жизни. Организации могут извлечь из него максимальную пользу для достижения целей в области качества с минимальным ручным вмешательством или вообще без него благодаря усовершенствованным методам и анализу.

Литература

1. Салимова Т.А., Ватолкина Н.Ш. Менеджмент качества в условиях перехода к индустрии 4.0 // Стандарты и качество. - 2018. - № 6. - С. 58-62.
2. Салимова Т.А., Ватолкина Н.Ш., В.И. Маколов. Векторы развития СМК при переходе к индустрии 4.0// Стандарты и качество. - 2018. - № 8. - С. 44-48.
3. Левченко Е.В. Влияние цифровизации на развитие системы менеджмента качества // Вестник Саратовского государственного социально -экономического университета. 2018. №4 (73).
4. Хатидже Камгоз Акдаг. Тотальное управление качеством посредством обнаружения дефектов в производственных процессах с использованием алгоритмов машинного обучения // Материалы Международного симпозиума по производственным исследованиям 2019 г. (стр. 508-516). 2020
5. Джордж Ковач, Нафиса Исламовна Юсупова. Модели и методы управления качеством на основе приложений искусственного интеллекта. // Венгерская академия наук. Acta Polytechnica Hungarica 13(3):45-60. 2021

6. Сайрус Хосейни, М.Аффан Бадар, Кристофер Клузе. Обзор методов машинного обучения, применимых к вопросам качества // Исследование Университета штата Индиана. 2021