

УДК 658.56

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ НА ЛИНИИ СБОРКИ ПОЛУПРИЦЕПОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

© 2024 А.В. Авсиевич¹, В.В. Авсиевич², Ф.С. Арысланов³, А.В. Иващенко¹, М.А. Щербаков⁴

¹ Самарский государственный медицинский университет, г. Самара, Россия

² ООО «Открытый код», г. Самара, Россия

³ ПАО «Туймазинский завод автобетоновозов», г. Туймазы, Россия

⁴ Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

Статья поступила в редакцию 06.12.2024

В работе рассматривается проблема применения машинного зрения для управления качеством в составе организационной системы производственного цеха. Предложено решить проблему ограниченного применения искусственных нейронных сетей на производстве объединением технологий машинного зрения и технологий позиционирования объектов в пространстве. Выбранный подход позволяет избежать необходимости накопления больших объемов обучающей выборки и ограничить применения машинного зрения частными задачами выявления типовых операций и различных нарушений производственного процесса. Апробация предложенного подхода произведена на линии сборки полуприцепов. Реализован общий контроль сотрудников, контроль безопасности, подсчет выпущенной продукции, персонализированный контроль перемещения сотрудников, а также процесс сбора общей аналитики, которая позволяет формировать статистику по каждому посту, участку, блоку цехов и по всему предприятию в целом. Результаты внедрения предложенных решений на участке сборки полуприцепов подтвердили возможности применения систем машинного зрения на современном производственном предприятии в рамках автоматизации мониторинга производства, контроля качества процессов и продукции и поддержки принятия организационных решений. Апробация и внедрение предложенных решений позволяет сделать вывод об их практической полезности для производственного предприятия.

Ключевые слова: искусственный интеллект, организация производства, машинное зрение, видеоаналитика.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-6-142-147

EDN: JJTLND

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии машинного зрения предоставляют достаточно мощный инструментарий по распознаванию образов [1, 2], что позволяет решать разнообразные задачи контроля производственных процессов. Применение искусственных нейронных сетей позволяет настраивать системы компьютерного зрения для решения различных задач, включая автоматизацию визуального контроля качества деталей и сборочных единиц, контроль порядка выполнения технологических операций, контроль рабочего пространства, безопасности, выполнения требований охраны труда и режима работы персонала предприятия. Успешное решение этих задач обуславливает широкий

спектр применения интеллектуальных систем машинного зрения в организации промышленного производства.

Вместе с тем, технологии машинного зрения имеют и ряд ограничений. Широкому практическому внедрению на производственных предприятиях препятствуют жесткие требования по освещенности изделия, чистоте поверхностей, отсутствию помех и объему изображений различного ракурса для обучения искусственного интеллекта. Сложность выполнения этих требований препятствует широкому применению технологий машинного зрения. Однако универсальность и эффективность этого инструмента требует поиска рационального приложения в автоматизированных системах организации производства.

Существующая теория и практика применения искусственного интеллекта и компьютерного зрения [3 – 5] на промышленных предприятиях определяет широкий спектр возможностей по автоматизации контроля производственных процессов и поддержки принятия управленческих решений. Применение машинного зрения на производстве позволяет снизить производственный травматизм [6], обнаруживать различные дефекты продукции [7], определять типы

Авсиевич Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент. E-mail: avsievich@mail.ru

Авсиевич Владимир Викторович, кандидат технических наук, руководитель проектов. E-mail: avsievichv@gmail.com

Арысланов Фидан Салаватович, Генеральный директор. E-mail: tzaivc@gmail.ru

Иващенко Антон Владимирович, доктор технических наук, профессор. E-mail: anton.ivashenko@gmail.com

Щербаков Михаил Александрович, доктор технических наук, профессор. E-mail: mashcherbakov@yandex.ru

поверхностей [8], регулировать движение отцепов на сортировочной горке [9], следить за качеством сборки [10], производить идентификацию личности в ходе габитоскопических, фото- и видеотехнических экспертиз [11].

На основе обобщения имеющегося опыта было построено новое программно-аппаратное решение по организации производственного контроля с использованием машинного зрения. Данное решение было успешно внедрено и апробировано в ПАО «Туймазинский завод автобетоновозов» для автоматизации контроля действий персонала на линии сборки полуприцепов. В результате найдена рациональная доля искусственного интеллекта в системе поддержки принятия управленческих решений при организации производства. Ниже в статье представлены основные технические решения и полученные результаты.

МЕТОДЫ

В рамках построения программно-аппаратного комплекса по организации производственного контроля с использованием машинного зрения совместно высокотехнологичной компанией ООО «Открытый код» и ПАО «Туймазинский завод автобетоновозов» были разработаны и внедрены средства интеллектуального машинного зрения. Данный комплекс состоит из двух систем контроля сотрудников: первая осуществляет контроль с применением камер видеонаблюдения на базе компьютерного зрения с нейросетевыми алгоритмами, вторая представляет собой персональную систему позиционирования, основанную на трекинге сотрудников с помощью датчика контроля передвижения внутри предприятия.

Структура комплекса представлена на Рис. 1. В ПАК входит несколько подсистем, которые позволяют производить общий контроль сотрудников, контроль безопасности, подсчет выпущенной продукции и персонализированный контроль перемещения сотрудников. Данные, полученные в подсистемах, передаются в модуль сервиса анализа статистики и отчетов, где ведется их обработка и подготовка отчетности.

Контроль перемещения сотрудников основан на трекинге сотрудников с применением датчика контроля передвижения внутри предприятия и системы видео камер с компьютерным зрением. Система позиционирования обеспечивает персональный контроль сотрудников предприятия, учет времени работы, простоя сотрудника и выполнения регламента по техники безопасности.

Комбинирование систем машинного зрения и систем позиционирования позволяет облегчить работу по идентификации наблюдаемых объектов в условиях их частых перемещений и таким образом снизить требования к подсистеме распознавания. Применение искусственного интеллекта для распознавания объектов, например, искусственной нейронной сети, требует обучения на большом наборе данных, включая не только корректные случаи распознавания, но и возможные ошибки. Добавление автоматического позиционирования позволяет использовать нейронные сети точно, лишь для определения отдельных типовых действия персонала или внештатных ситуаций.

Комбинирование систем машинного зрения и систем позиционирования позволяет облегчить работу по идентификации наблюдаемых объектов в условиях их частых перемещений и таким образом снизить требования к подсистеме распознавания. Применение искусственного интеллекта для распознавания объектов, например, искусственной нейронной сети, требует обучения на большом наборе данных, включая не только корректные случаи распознавания, но и возможные ошибки. Добавление автоматического позиционирования позволяет использовать нейронные сети точно, лишь для определения отдельных типовых действия персонала или внештатных ситуаций.

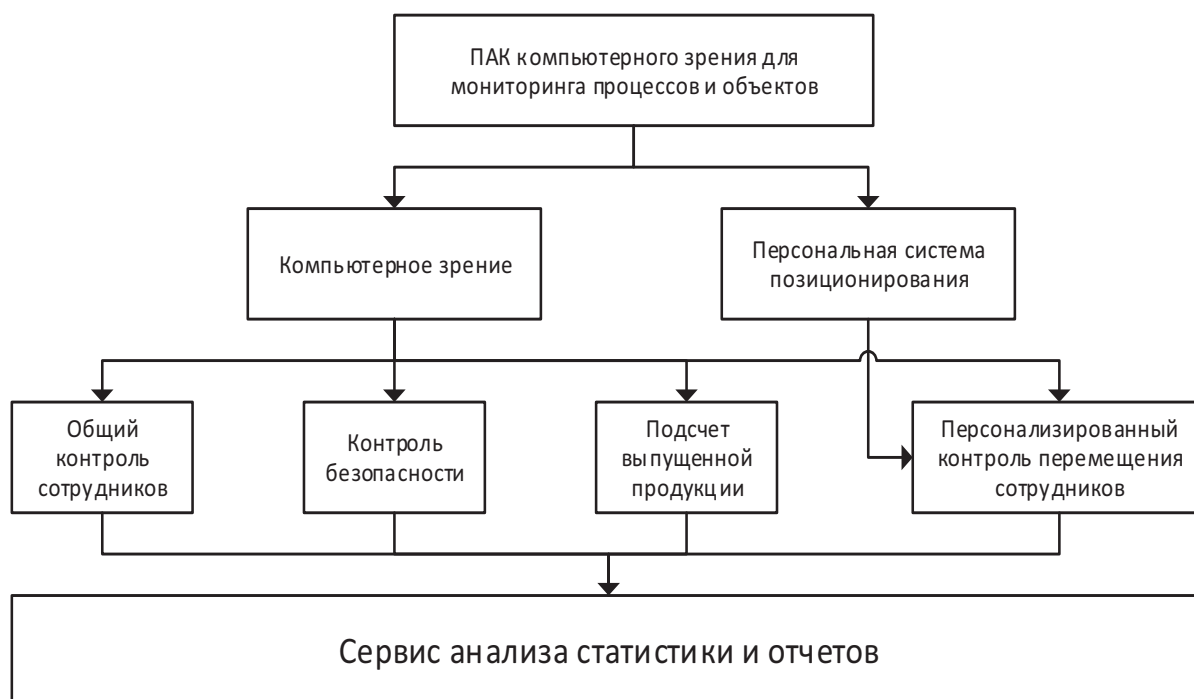


Рис. 1. Структура ПАК для мониторинга процессов и объектов

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты организации производственного контроля на линии сборки полуприцепов могут быть проиллюстрированы следующими примерами.

Общий контроль сотрудников с использованием компьютерного зрения производится в специализированной подсистеме, предназначенной для мониторинга выполнения полезной работы и определения показателей эффективности. Подсистема распознает, какие действия совершает сотрудник и классифицирует данные действия (см. Рис. 2). Таким образом, система позволяет выявлять простои и высчитывать время полезного труда. Полученные данные после классификации действий собираются в аналитической системе для последующей обработки и формирования отчета для руководителя предприятия и подразделений.

Подсистема интеллектуального контроля безопасности выявляет нарушение регламентов по охране труда сотрудников с помощью системы машинного зрения, как показана на Рис. 3. Данная подсистема позволяет контролировать экипировку сотрудника, в частности, контроль ношения касок. Также в системе предусмотрено выявление пожаров и контроль девиантного поведения персонала.

Все данные по нарушению режима собираются в системе в общий отчет, в котором можно не только посмотреть список нарушения и их количество, но также изучить особенности каждого нарушения по видео. Данная информация полезна для руководителя, отвечающего за безопасность предприятия.

В рамках автоматизации производственного контроля в системе предусмотрен подсчет объема выпускаемой продукции с использова-

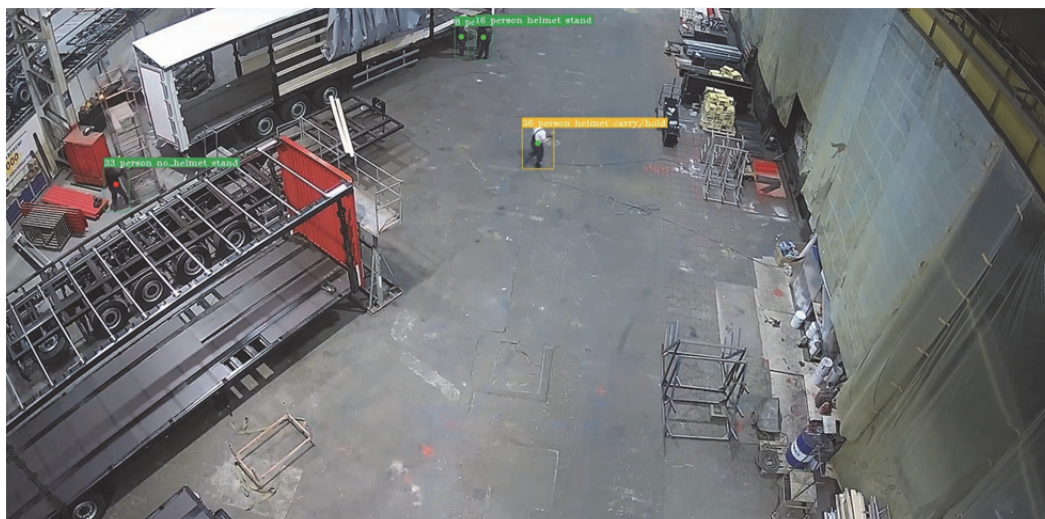
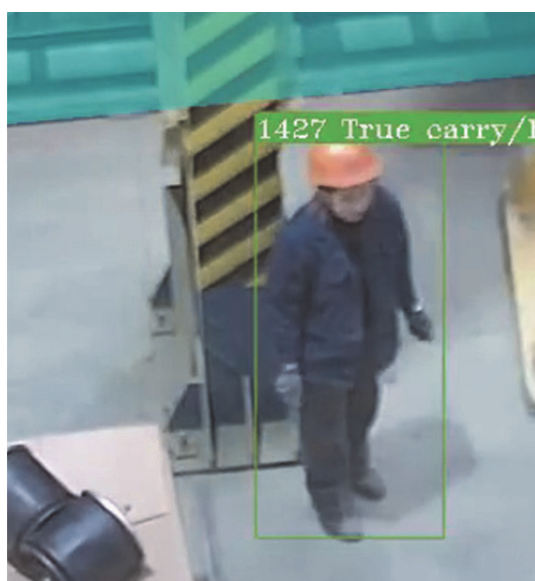
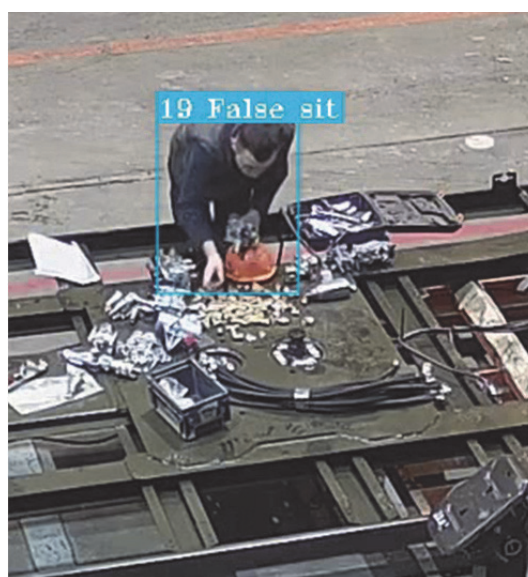


Рис. 2. Общий контроль сотрудников



а) в каске



б) без каски

Рис. 3. Контроль наличия касок

нием машинного зрения. В частности, на Рис. 4 продемонстрирован подсчет объемов выпуска полуприцепов на участке крупноузловой сборки на стенде операции переворота полуприцепа, которая является финальной операцией в технологическом процессе.

Результаты производственного мониторинга и контроля в цеху выводятся на отчетных диаграммах экрана руководителя, реализованных на базе цифровой платформы интегрального мониторинга. Как показано на Рис. 5, в статистике отображается такой параметр как «Выработка продукции» в первом параметре выводиться запланированный объем продукции, а во втором параметре выводится «Факт». Данный подход позволяет получать оперативную информацию о произведённой продукции в онлайн режиме и тем самым оперативно обрабатывать нештатные ситуации.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты внедрения предложенных решений на участке сборки полуприцепов подтвердили возможности применения систем машинного зрения на современном производственном предприятии в рамках автоматизации мониторинга производства, контроля качества процессов и продукции и поддержки принятия организационных решений. В частности, на выбранном участке появилась возможность получения и анализа дополнительных данных о сборке полуприцепов: затраченного времени, количества задействованных сотрудников, ФИО сотрудников, которые производили монтаж оборудования и т.п.

Автоматизированный контроль с помощью машинного зрения, проводимый в течение месяца, позволил выявить недостатки техноло-

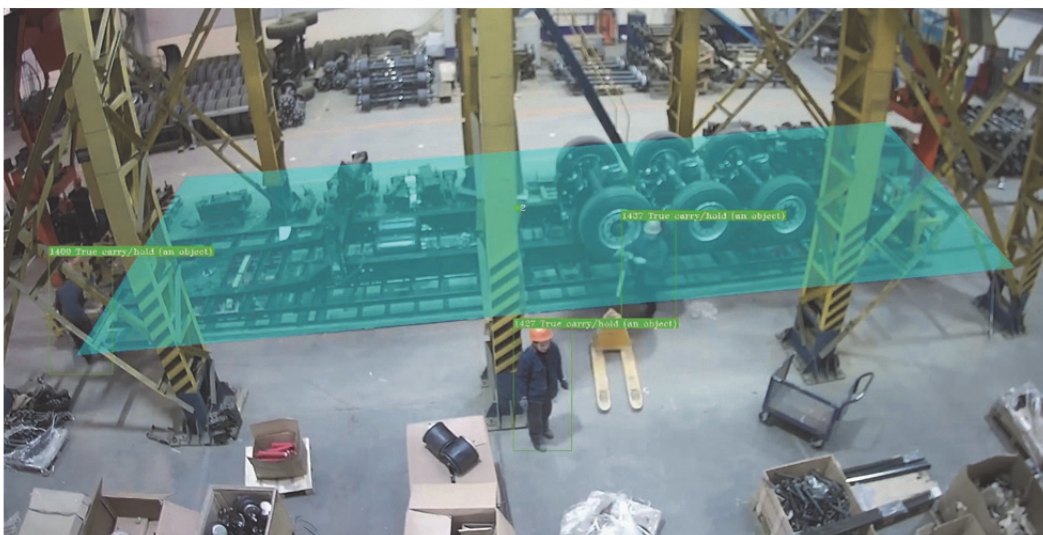


Рис. 4. Подсчет выпускаемой продукции

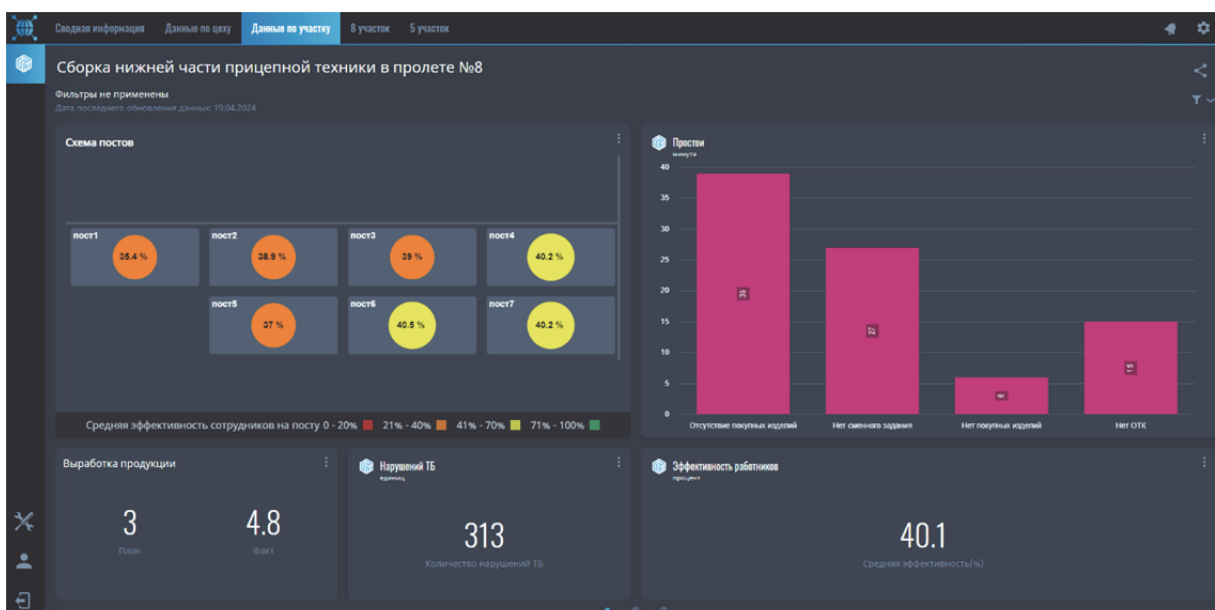


Рис. 5. Статистика по сборке полуприцепов

гической карты процесса сборки. После проработки процесса сборки и внесения изменений в технологическую карту, увеличилась производительность по сборке полуприцепов на 10%.

Сбор информации с камер машинного зрения позволяет реализовать видео-аналитику и отобразить актуальное состояние производственного процесса в цифровой платформе интегрального мониторинга. Таким образом, реализована возможность аналитики по эффективности каждого поста и каждого участка, а также фиксируются простои и виды простоев, выработка продукции, нарушение техники безопасности т.п. Данная информация необходима для принятия организационных решений и контроля их эффективности в режиме реального времени.

В результате внедрения системы на предприятии, в частности на участке №8 в течение одного месяца общая эффективность участка повысилась на 15%, а количество нарушений техники безопасности уменьшилось на 20%. Этого удалось добиться за счет принятия организационных мероприятий руководством предприятия. Также снизилось количество простоев из-за нехватки комплектующих, сотрудники стали больше времени выполнять полезную работу, быстрее стали обрабатываться заявки сотрудников о причинах неэффективности.

Как результат, прослеживается положительная динамика развития предприятия, как в организационном плане, так и в экономическом. Предложенный подход рекомендован к внедрению на других участках предприятия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение технологий машинного зрения на современных производственных предприятиях представляет собой сложную задачу, для решения которой необходимо рационально определить роль и место искусственного интеллекта в системе управления. В частности, контроль качества производственного процесса может быть декомпозирован на задачи мониторинга отдельных операций и идентификации отклонений. При этом комбинирование технологий машинного зрения и технологий позиционирования в пространстве позволяет избежать необходимости накопления больших объемов данных для обучения нейронных сетей и ограничить их применение идентификацией типовых операций и различных отклонений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ivaschenko A., Avsievich V., Reznikov Y., Belikov A., Turkova V., Sitnikov P., Surnin O.* Intelligent machine vision implementation for production quality control

// Proceeding of the 34th conference of FRUCT association, Riga, Latvia, 15-17 November 2023. – pp. 49 – 56

1. *Сурнин, О.Л.* Цифровая платформа «Гарантир качества» / О.Л. Сурнин, П.В. Ситников, В.В. Авсиевич, Ю.Е. Резников, А.В. Иващенко // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, – 2023. – Т. 25. – № 6. – С. 74 – 83.
3. ГОСТ Р 59277-2020. Национальный стандарт Российской Федерации «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 23.12.2020 N 1372-ст)
4. *Ляпанов, А.В.* Компьютерное зрение / А.В. Ляпанов, А.А. Ляпанов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 103-8. – С. 169-172. – DOI 10.18411/trnio-11-2023-502. – EDN PAJENN.
5. *Горячкин, Б.С.* Компьютерное зрение / Б.С. Горячкин, М.А. Китов // E-Scio. – 2020. – № 9(48). – С. 317-345. – EDN EBYPIU.
6. *Вяльцев, А.В.* Применение компьютерного зрения для снижения производственного травматизма / А.В. Вяльцев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – №5 (131). – URL: <https://research-journal.org/archive/5-131-2023-may/10.23670/IRJ.2023.131.3> (дата обращения: 23.04.2024). – DOI: 10.23670/IRJ.2023.131.3
7. *Катаев, М.Ю.* Программная система обнаружения дефектов кирпичей на основе методов компьютерного зрения / М.Ю. Катаев, Р.К. Карпов, К.А. Ламинский // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2021. – Т. 24, № 1. – С. 62-67. – DOI 10.21293/1818-0442-2021-24-1-62-67. – EDN VLFHPG.
8. *Катаев, М.Ю.* Методика распознавания растительности на основе цветового и текстурного анализа RGB изображений / М.Ю. Катаев, М.М. Дадонова // Светотехника. – 2019. – № 2. – С. 34-39. – EDN ZDEAGD.
9. *Ольгейзер, И.А.* Компьютерное зрение как способ интеллектуализации систем горючей автоматизации / И.А. Ольгейзер, А.В. Суханов, А.М. Лященко, Д.В. Глазунов // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2022. – № 1. – С. 46-53. – DOI 10.52261/02346206_2022_1_46. – EDN LOQVJH.
10. *Новости трансмашхолдинга: За качеством сборки на предприятиях ТМХ следит компьютерное зрение // Локомотив. – 2020. – № 6(762). – С. 33. – EDN JNKLQO.*
11. *Бахтеев, Д.В.* Компьютерное зрение и распознавание образов в криминалистике / Д.В. Бахтеев // Российское право: образование, практика, наука. – 2019. – № 3(111). – С. 66-74. – DOI 10.34076/2410-2709-2019-3-66-74. – EDN HQCMBX.

SEMI-TRAILER ASSEMBLY LINE PRODUCTION CONTROL USING COMPUTER VISION

© 2024 A.V. Avsievich¹, V.V. Avsievich², F.S. Arysylanov³, A.V. Ivaschenko¹, M.A. Shcherbakov⁴¹ Samara State Medical University, Samara, Russia² Open Code LLC, Samara, Russia³ PJSC "Tuymazy Truck Concrete Truck Plant", Tuymazy, Russia⁴ Penza State University, Penza, Russia

The paper explores the problem of using machine vision for quality management as part of the organizational system of a production workshop. It is proposed to solve the problem of the limited use of artificial neural networks in production by combining machine vision technologies and technologies for positioning objects in space. The chosen approach allows us to avoid the need to accumulate large volumes of training samples and limit the use of computer vision to specific tasks of identifying typical operations and various violations of the production process. The proposed approach was tested on a semi-trailer assembly line. Implemented functionality includes general employee control, security control, counting of manufactured products, personalized control of employee movement, as well as the process of collecting general analytics, which allows you to generate statistics for each post, section, block of workshops and for the entire enterprise as a whole. The results of the implementation of the proposed solutions at the semi-trailer assembly site confirmed the possibility of using machine vision systems in a modern manufacturing enterprise as part of the automation of production monitoring, quality control of processes and products and support for organizational decision-making support. Testing and implementation of the proposed solutions confirmed their practical usefulness for a manufacturing enterprise.

Keywords: Artificial Intelligence, production organization, computer vision, video analytics.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-6-142-147

EDN: JJTLND

REFERENCES

1. *Ivaschenko A., Avsievich V., Reznikov Y., Belikov A., Turkova V., Sitnikov P., Surnin O.* Intelligent machine vision implementation for production quality control // Proceeding of the 34th conference of FRUCT association, Riga, Latvia, 15-17 November 2023. – pp. 49 – 56
2. *Surnin, O.L.* Cifrovaya platforma «Garantir kachestva» / O.L. Surnin, P.V. Sitnikov, V.V. Avsievich, Yu.E. Reznikov, A.V. Ivaschenko // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, – 2023. – T. 25. – № 6. – S. 74 – 83.
3. GOST R 59277-2020. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii «Sistemy iskusstvennogo intellekta. Klassifikaciya sistem iskusstvennogo intellekta» (utv. i vveden v dejstvie Prikazom Rosstandarta ot 23.12.2020 N 1372-st)
4. *Lyapanov, A.V.* Komp'yuternoe zrenie / A.V. Lyapanov, A.A. Lyapanov // *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*. – 2023. – № 103-8. – S. 169-172. – DOI 10.18411/trnio-11-2023-502. – EDN PAJENN.
5. *Goryachkin, B.S.* Komp'yuternoe zrenie / B.S. Goryachkin, M.A. Kitov // *E-Scio*. – 2020. – № 9(48). – S. 317-345. – EDN EBYPIO.
6. *Vyal'cev, A.V.* Primenenie komp'yuternogo zreniya dlya snizheniya proizvodstvennogo travmatizma / A.V. Vyal'cev // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. – 2023. – №5 (131). – URL: <https://research-journal.org/archive/5-131-2023-may/10.23670/IRJ.2023.131.3> (data obrashcheniya: 23.04.2024). – DOI: 10.23670/IRJ.2023.131.3
7. *Kataev, M.Yu.* Programmaya sistema obnaruzheniya defektov kirpichej na osnove metodov komp'yuternogo zreniya / M.Yu. Kataev, R.K. Karpov, K.A. Laminskij // *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki*. – 2021. – T. 24. – № 1. – S. 62-67. – DOI 10.21293/1818-0442-2021-24-1-62-67. – EDN VLFHPG.
8. *Kataev, M.Yu.* Metodika raspoznavaniya rastitel'nosti na osnove cvetovogo i teksturnogo analiza RGB izobrazhenij / M.Yu. Kataev, M.M. Dadonova // *Svetotekhnika*. – 2019. – № 2. – S. 34-39. – EDN ZDEAGD.
9. *Ol'gejzer, I.A.* Komp'yuternoe zrenie kak sposob intellektualizacii sistem gorochnoj avtomatizacii / I.A. Ol'gejzer, A.V. Suhanov, A.M. Lyashchenko, D.V. Glazunov // *Problemy mashinostroeniya i avtomatizacii*. – 2022. – № 1. – S. 46-53. – DOI 10.52261/02346206_2022_1_46. – EDN LOQVJH.
10. *Novosti transmashkholdinga: Za kachestvom sborki na predpriyatiyah TMH sledit komp'yuternoe zrenie // Lokomotiv*. – 2020. – № 6(762). – S. 33. – EDN JNKLQO.
11. *Bahteev, D.V.* Komp'yuternoe zrenie i raspoznavanie obrazov v kriminalistike / D.V. Bahteev // *Rossijskoe pravo: obrazovanie, praktika, nauka*. – 2019. – № 3(111). – S. 66-74. – DOI 10.34076/2410-2709-2019-3-66-74. – EDN HQCMBX.

Alexander Avsievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. E-mail: avsievich@mail.ru
Vladimir Avsievich, Candidate of Technical Sciences, Project Manager. E-mail: avsievichv@gmail.com
Fidan Arysylanov, General Director. E-mail: tzaivc@gmail.ru
Anton Ivaschenko, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: anton.ivashenko@gmail.com
Mikhail Shcherbakov, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: mashcherbakov@yandex.ru