

ИНСТРУМЕНТЫ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ

С.А. Евдокимова, Д.В. Аверьянов

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. Статья рассматривает применение систем технического зрения (СТЗ) для автоматизации сборочных операций в производственных процессах. В работе приводится состав устройств, необходимых для использования СТЗ. Для распознавания изображений используется программное обеспечение на основе систем искусственного интеллекта и машинного обучения.

Ключевые слова: системы технического зрения (СТЗ), автоматизация, сборка компонентов, искусственный интеллект, методы распознавания изображений.

VISION SYSTEM TOOLS FOR AUTOMATION OF ASSEMBLY OPERATIONS IN PRODUCTION

S.A. Evdokimova, D.V. Averyanov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article considers the application of vision systems (TVS) for automation of assembly operations in production processes. The paper presents the composition of the devices necessary for the use of STZ. Image recognition uses software based on artificial intelligence and machine learning systems.

Keywords: technical vision systems (TVS), automation, component assembly, artificial intelligence, image recognition methods.

Для автоматизации процесса сборки в машиностроении используются роботизированные манипуляторы, системы технического зрения, лазерные сканеры, сенсоры и датчики, а также программное обеспечение для управления производственными системами [1, 2]. Использование систем технического зрения (СТЗ) при автоматизации операций сборки значительно повышает эффективность производственных процессов путем увеличения точности и надежности сборки, обнаружения дефектов в режиме реального времени.

Для применения систем технического зрения при автоматизации сборки компонентов в производственных процессах необходимы следующие устройства [2-4]:

– камеры высокого разрешения или специальных типов (инфракрасные, ультрафиолетовые, тепловизоры);

- сканеры для получения трехмерного изображения;
- датчики различного типа для определения положения, размера и формы объектов;
- робототехнические комплексы, выполняющие операции установки деталей и сборки компонентов;
- устройства позиционирования;
- транспортеры, конвейерные линии и другие механизмы подачи компонентов по производственной линии;
- программно-аппаратные комплексы для хранения, обработки и анализа данных, получаемых от СТЗ, а также специализированное программное обеспечение для управления роботами;
- контроллеры для управления всеми устройствами и обеспечения их взаимодействия;
- модули беспроводной связи для обмена данными между различными устройствами и системами.

Использование СТЗ позволяет автоматически проверять соответствие собранных компонентов определенным стандартам и измерять размеры, формы, цвета и другие характеристики деталей.

Техническое зрение может использоваться для отслеживания процесса сборки компонентов. Камеры высокого разрешения могут применяться для видеозахвата процесса сборки, а полученные видеоданные использоваться для контроля выполнения производственных процессов.

СТЗ может быть использована для определения правильного положения и ориентации компонентов перед их сборкой, для обнаруживания ошибок в случае неправильного расположения деталей или выявления других проблем в производственном процессе. При этом система подает сигнал оператору или автоматической системе управления о необходимости остановки и внесения корректировки.

Для этого на используемое в процессе сборки оборудование устанавливаются различные сенсоры и датчики, которые предоставляют информацию о положении и движении деталей, температуре, давлении и других параметрах, которые важны при сборке.

Программное обеспечение СТЗ позволяет решать различные задачи анализа изображений. Распознавание образов и контуров используется для идентификации конкретного компонента и его положения в пространстве. Маркировка компонентов с помощью меток или маркеров помогает программному обеспечению определить ориентацию деталей. Метки могут быть визуальными (например, штрихкоды) или физическими (например, магнитные полосы). Анализ геометрических характеристик деталей, таких как линий, углов, форм предназначен для определения его положения относительно других объектов или в пространстве.

J. Demčák, K. Židek, T. Krenický в [5] для мониторинга сборочных процессов интегрировали технологию цифровых двойников с радиочастотной идентификацией (RFID-метками), которая обеспечила синхронизированный

обмен данными между физическими компонентами и их цифровыми аналогами. Целью использования цифрового двойника производства являлось быстрое реагирование на нежелательные события и предотвращение ошибок выполнения сборочных операций. Производственная линия состояла из конвейрных лент, для переноса компонентов между ними добавлялись пневматические поршни, RFID-метки отслеживали положение продукции. Синхронизация данных в режиме реального времени между физическим объектом и его виртуальным представлением обеспечила улучшенную видимость процесса сборки, оперативное выявление отклонений и исправление их.

Для решения задач распознавания и анализа изображений в СТЗ используются алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения, при этом обучение и выявление связей и закономерностей производится на большом количестве обучающих данных [6-9].

В работе [6] авторы для создания высокоэффективных промышленных объектов использовали компьютерное зрение для создания цифрового двойника производства. Предлагаемый авторами цифровой двойник предназначен для распознавания объектов, классификации их, выявления ошибок при сборке, а также планирования пути по конвейеру к соответствующему роботу. Автоматизированная сборочная линия включает пять промышленных роботизированных манипуляторов, которые управляются с помощью одного ПЛК. Программное приложение работает на основе нескольких алгоритмов искусственных нейронных сетей, обученных для классификации и сегментации изображений для контроля качества процесса сборки. Предлагаемый метод использует исходную сверточную нейронную сеть для классификации изображений, сверточную нейронную сеть на основе маски (Mask R-CNN) для разделения объектов на функциональные и дефектные компоненты и алгоритмы Human in the Loop (HITL) для переобучения и тестирования системы.

В работе [7] S. Liu, J. Zhang, L. Wang, R.X. Gao разработали большую языковую модель для реализации совместной сборки человека и робота. На основе визуального представления с возможностью каргографирования объектов в пространстве достигается навигация по среде для обнаружения, отслеживания и манипулирования объектами в процессе сборки деталей. На основе используемых текстовых инструкций и высокоуровневых команд разработанная модель обеспечила генерацию команд управления для взаимодействия человека и робота. Для управления движением робота на нем были установлены две камеры: верхняя предназначена для наблюдения за сборочными операциями, а нижняя – для сканирования рабочего пространства. Большая языковая модель начинает обучаться путем создания сценариев сборки, описания компонентов и возможных схем сборки. Это позволяет модели познакомиться с ситуациями и предоставить выходные данные в определенном виде. После обучения настроенная модель используется для интерпретации текстовых команд человека.

В работе [9] коллектив авторов использовали техническое зрение для обеспечения безопасности труда человека при его участии в сложном процессе сборки и распознавания руки с помощью ТЗ. Для этого использовалось дерево поведения (BTS), которое использовалось при программировании и настройке роботов. Узлы деревьев представляют собой условия действий человека. В дереве поведения обязательно разрабатывается поддерево безопасности, которое выполняет проверку находится ли рука в опасности. Камеры должны обеспечить обзор всего рабочего пространства и максимального расширения охвата, чтобы рука была всегда в зоне видимости.

Системы технического зрения на основе искусственного интеллекта рассчитаны на высокую гибкость и требуют значительных ресурсов компьютерной системы [3]. СТЗ общего назначения оптимизированы для выполнения обработки изображений от 1.2 МП (1920 × 1080) до 8 МП (3840 × 2160) без необходимости снижения сложности. Легкие СТЗ с ИИ работают с изображениями до 12 МП и требуют уже более мощных процессоров и предполагают использование методов снижения сложности обработки.

Таким образом, техническое зрение делает процесс сборки более точным и эффективным, снижает количество ошибок и повышает качество продукции.

Список литературы

1. Modern Trends in Improving the Technical Characteristics of Devices and Systems for Digital Image Processing / N.N. Nagornov, P.A. Lyakhov, M.V. Bergerman, D.I. Kalita // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – Pp. 44659-44681. – DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3381493.
2. Safe and Flexible Collaborative Assembly Processes Using Behavior Trees and Computer Vision / M. Trinh [et al.] // Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2023): Integrating People and Intelligent Systems. – 2023. – Vol 69. – Pp. 869-879. – DOI: 10.54941/ahfe1002912.
3. From Near-Sensor to In-Sensor: A State-of-the-Art Review of Embedded AI Vision Systems / W. Fabre [et al.] // Sensors. – 2024. – Vol. 24(16). – C. 5446. – DOI: 10.3390/s24165446.
4. Новикова, Т. П. Автоматизированное проектирование расположения базовых станций беспроводной сотовой связи / Т. П. Новикова, С. А. Евдокимова, Р. Ю. Медведев // Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т. 16, № 4. – С. 61-70.
5. Demčák, J. Digital Twin for Monitoring the Experimental Assembly Process Using RFID Technology / J. Demčák, K. Židek, T. Krenický // Processes. – 2024. – Vol. 12(7). – C. 1512. – DOI: 10.3390/pr12071512.
6. Leveraging computer vision towards high-efficiency autonomous industrial facilities / I. Yousif, L. Burns, F. El Kalach [et al.] // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2024. – Vol. 5. – DOI: 10.1007/s10845-024-02396-1.
7. Vision AI-based human-robot collaborative assembly driven by autonomous robots / S. Liu, J. Zhang, L. Wang, R.X. Gao // CIRP Annals. – 2024. – Vol. 73(1). – Pp. 13-16. – DOI: 10.1016/j.cirp.2024.03.004.

8. Евдокимова, С.А. Алгоритм анализа клиентской базы торговой организации / С.А. Евдокимова, Т.П. Новикова, А.И. Новиков // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 24-35.

9. Safe and Flexible Collaborative Assembly Processes Using Behavior Trees and Computer Vision / M. Trinh [et al.] // Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2023): Integrating People and Intelligent Systems. – 2023. – Vol 69. – Pp. 869-879. – DOI: 10.54941/ahfe1002912.

References

1. Modern Trends in Improving the Technical Characteristics of Devices and Systems for Digital Image Processing / N.N. Nagornov, P.A. Lyakhov, M.V. Bergerman, D.I. Kalita // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. – Pp. 44659-44681. – DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3381493.

2. Safe and Flexible Collaborative Assembly Processes Using Behavior Trees and Computer Vision / M. Trinh [et al.] // Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2023): Integrating People and Intelligent Systems. – 2023. – Vol 69. – Pp. 869-879. – DOI: 10.54941/ahfe1002912.

3. From Near-Sensor to In-Sensor: A State-of-the-Art Review of Embedded AI Vision Systems / W. Fabre [et al.] // Sensors. – 2024. – Vol. 24(16). – C. 5446. –DOI: 10.3390/s24165446.

4. Novikova, T.P. Computer-aided design of the location of wireless base stations cellular communications / T.P. Novikova, S.A. Evdokimova, R.Y. Medvedev // Modeling of systems and processes. - 2023. – Vol. 16, No. 4. – Pp. 61-70.

5. Demčák, J. Digital Twin for Monitoring the Experimental Assembly Process Using RFID Technology / J. Demčák, K. Židek, T. Krenický // Processes. – 2024. – Vol. 12(7). – C. 1512. – DOI: 10.3390/pr12071512.

6. Leveraging computer vision towards high-efficiency autonomous industrial facilities / I. Yousif, L. Burns, F. El Kalach [et al.] // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2024. – Vol. 5. – DOI: 10.1007/s10845-024-02396-1.

7. Vision AI-based human-robot collaborative assembly driven by autonomous robots / S. Liu, J. Zhang, L. Wang, R.X. Gao // CIRP Annals. – 2024. – Vol. 73(1). – Pp. 13-16. – DOI: 10.1016/j.cirp.2024.03.004.

8. Evdokimova, S.A. Algorithm for analyzing the customer base of a trade organizations / S.A. Evdokimova, T.P. Novikova, A.I. Novikov // Modeling of systems and processes. - 2022. – Vol. 15, No. 1. – pp. 24-35.

9. Safe and Flexible Collaborative Assembly Processes Using Behavior Trees and Computer Vision / M. Trinh [et al.] // Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2023): Integrating People and Intelligent Systems. – 2023. – Vol 69. – Pp. 869-879. – DOI: 10.54941/ahfe1002912.