

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ

С.А. Евдокимова¹, Д.В. Аверьянов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В работе рассматриваются технологии искусственного интеллекта, применяемые в процессе автоматизации сборки изделий. Показано, что для управления робототехническими системами могут использоваться системы машинного обучения и распознавания речевых команд. Для контроля процесса сборки применяется компьютерное зрение.

Ключевые слова: интеллектуальные технологии, автоматизация, сборка изделий, робототехнический комплекс, компьютерное зрение.

INTELLIGENT TECHNOLOGIES USED TO AUTOMATE THE PRODUCT ASSEMBLY PROCESS

S.A. Evdokimova¹, D.V. Averyanov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The paper discusses artificial intelligence technologies used in the process of automation of product assembly. It is shown that machine learning and speech command recognition systems can be used to control robotic systems. Computer vision is used to control the assembly process.

Keywords: intelligent technologies, automation, product assembly, robotic complex, computer vision.

В настоящее время искусственный интеллект и технологии машинного обучения играют важную роль в анализе данных, оптимизации ресурсов, прогнозировании значений показателей в различных экономических, организационных и технических системах [1-4]. Индустрия 4.0 способствует интеграции интеллек-

туальных технологий в автоматизацию производственных процессов с целью повышения качества промышленных изделий и поддержки принятия решений [5, 6].

Процесс сборки машиностроительных изделий, являющийся заключительным этапом изготовления изделия, определяет его основные эксплуатационные качества. Это связано с тем, что возникающие в процессе сборки погрешности могут существенно снизить точность и потребительские качества собираемого изделия. В современных сборочных системах для сокращения времени, затрат и повышения качества сборки широко применяется автоматизация и роботизированные комплексы [5, 7].

Операции процесса сборки делятся на две группы:

1) процессы соединения деталей и их фиксации в сборочной единице в соответствии с требованиями конструкции изделия;

2) вспомогательные процессы – ориентация деталей, удаление готовых изделий, их перемещение, контроль сборки.

Для выполнения операций сборки двух деталей их необходимо переместить в зону сборки, сориентировать, расположить необходимым образом относительно друг друга, соединить и зафиксировать положение. Перемещение деталей и сборочных единиц между операциями осуществляется конвейерами, поворотными столами, манипуляторами или роботами.

В работе [8] автоматизированную сборку изделий авторы реализовали с помощью робота-манипулятора KUKA KR6 R900 и разработали для него программное обеспечение, которое управляет роботом. Предложенный робототехнический комплекс выполняет установку деталей и сборку резьбовым соединением. Для реализации операции сборки разработаны алгоритмы управления процессами вкручивания / выкручивания винтов в отверстия. Рассматриваются нормальный процесс выполнения алгоритма, например, содержащий процедуры для вкручивания винта:

- медленное вкручивание со скоростью 10%;
- разгон вкручивания с 10% до 100%;
- вкручивание с заданной скоростью;
- замедление винта до 10%ж
- затягивание винта до предельного момента

При этом важной задачей является определение и контроль момента затяжки винтовых соединений. Предложенная авторами система путем использования интеллектуальных функций реализует контроль качества процесса сборки и повышает его качество.

В процессе управления сборкой требуется обработать большое количество данных о компонентах – форма, шероховатость, геометрический допуск, номинальный размер, номинальная точность размеров и материал монтажной поверхности компонента, и соединениях – ограничения позиционирования между компонентами, последовательность позиционирования, режим позиционирования и другие ограничения.

Для хранения всей информации необходимо использовать базы данных и базы знаний, хранящие не только информацию об изделиях и компонентах, но и сборочные чертежи, маршрутные карты технологических процессов и т.д. Современные CAD/CAM/CAPP системы обеспечивают такие хранилища. Это системы ADEM, T-Flex, Вертикаль и другие.

В работе Ревонченкова И.Ф. [9] отмечает, что в системе управления роботом сборки накапливается большое количество информации и для нее необходима специальная система организации и хранения всех данных. Предлагаемая автором система управления роботом использует речевой ввод команд для настройки робототехнической системы сборки. Для обучения робота имеется база знаний, которая выводит подсказки при распознавании команд оператора. Количество команд ограничено словарем, что ускоряет процесс распознавания речи оператора. При этом все слова оператор должен произносить четко и отдельно в отличие от обычных фраз, произносимых слитными предложениями. Накопленные знания в базе знаний позволяют расширить начальный словарь команд.

Авторы в [10] предлагают подход вывода решений при создании систем управления робототехническими комплексами. Самообучающаяся система управления использует вывод по аналогии путем поиска сходного описания ситуации, хранившейся в базе данных.

При выполнении сборки изделий необходимо проверять, чтобы все компоненты были правильно размещены. При автоматизированной сборке невозможно добиться 100% производства без дефектов, поэтому следует выполнять контроль качества сборки. Для этого используют системы машинного зрения, обеспечивающие наличие каждого компонента сборки, его положение и отсутствие перекосов [11].

Например, система машинного зрения Project X фирмы Aberlink [12] (рисунок 1) обеспечивает техническое зрение в цехе путем использования регистрации положения в плоскости XY. При этом камера может свободно перемещаться по области измерения без ограничений, что позволяет добиться высоких результатов контроля точности измерений. Система обеспечивает полностью автоматизированный бесконтактный контроль с ЧПУ и высокую скорость оптического сканирования, имеет программируемый цифровой зум.

Модуль Aberlink 3D, совместимый с системой машинного зрения Project 3D, выполняет автоматическое распознавание элементов, контроль геометрических размеров и произвольной формы компонентов, отклонений от необходимого расположения любых деталей, а также поддерживает импорт/экспорт данных в популярные форматы графических файлов. Модуль Aberlink 3D рассчитывает статистические данные по партиям, строит гистограммы и графики разбросов, необходимые для оценки контроля качества сборки.

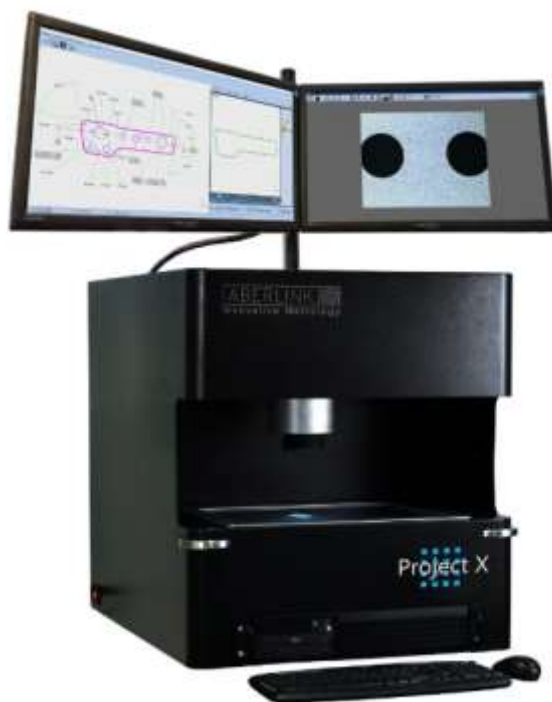


Рисунок 1 – Система машинного зрения Project X фирмы Aberlink

Контроль и поиск дефектов в сборочных узлах в системах машинного зрения осуществляется с помощью методов машинного обучения, для применения которых необходимо создать базу данных фотографий продукции без дефектов и с ними.

Таким образом, для автоматизации процесса сборки применяется совокупность технических и программных средств. Системы управления робототехническими сборочными комплексами строятся на основе машинного обучения, систем распознавания речи, чертежей. Для контроля качества результата операций сборки используются системы машинного зрения.

Список литературы

1. Fábio, C.E. Adaptability in Industry 4.0: service-oriented architecture to deploy artificial intelligence on industrial automation / C.E. Fábio, D. Santos de Freitas // Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial. – 2023. – Vol. 16(3). – DOI: 10.18624/etech.v16i3.1301.

2. Evdokimova, S.A. Segmentation of store customers to increase sales using ABC-XYZ-analysis and clustering methods / S.A. Evdokimova // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Т. 2032. – С. 012117. – DOI: 10.1088/1742-6596/2032/1/012117.

3. Черепанов, Н.В. Проблемы и задачи развития искусственного интеллекта на машиностроительном предприятии / Н.В. Черепанов, С.П. Буслаев // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 175-179.

4. Евдокимова, С.А. Применение алгоритмов кластеризации для анализа клиентской базы магазина / С.А. Евдокимова, А.В. Журавлев, Т.П. Новикова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 4-12. – DOI:10.12737/2219-0767-2021-14-2-4-12.

5. Табылов, А.У. Оценка эффективности современных роботизированных технологических комплексов в машиностроении / А.У. Табылов // Наука через призму времени. – 2023. – № 1 (70). – С. 40-44.

6. Суворов, А.П. Компьютерное моделирование при проектировании комбинированного инструмента для формообразования фасонных поверхностей / А.П. Суворов, А.В. Кузовкин // Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т. 16, № 3. – С. 63-70.

7. Ахрамеева, Е.В. Промышленный робот как объект управления / Е.В. Ахрамеева, Т.А. Акименко, Т.Р. Кузнецова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 12. – С. 583-585.

8. Автоматизированная сборка изделий роботом-манипулятором с динамометрическим контролем процесса затягивания винтовых соединений / Я.Ю. Пикалов [и др.] // iPolytech Journal. – 2023. – Vol. 27(4). – С. 664-681.

9. Ревонченкова, И.Ф. Проектирование и применение речевого интерфейса в управлении роботом сборки в машиностроении / И.Ф. Ревонченкова // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2019. – № 3. – С. 106-119.

10. Ермолов, И.Л. Возможный подход к созданию самообучающихся систем управления автономными роботами / И.Л. Ермолов, С.П. Хрипунов // Робототехника и техническая кибернетика. – 2023. – Т. 11, № 1. – С. 45-50.

11. Ушаков, М.В. Анализ возможностей существующего программного обеспечения КИМ / М.В. Ушаков, И.А. Воробьев, С.М. Никольский // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 10. – С. 506-510.

12. Aberlink | CMM Coordinate Measuring Machines. – URL: <https://www.aberlink.com/>(дата обращения: 25.03.2024).

13. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

References

1. Fabio, C.E. Adaptability in Industry 4.0: service-oriented architecture to deploy artificial intelligence on industrial automation / C.E. Fábio, D. Santos de Freitas // Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial. – 2023. – Vol. 16(3). – DOI: 10.18624/etech.v16i3.1301.

2. Evdokimova, S.A. Segmentation of store customers to increase sales using ABC-XYZ-analysis and clustering methods / S.A. Evdokimova // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Т. 2032. – P. 012117. – DOI: 10.1088/1742-6596/2032/1/012117.

3. Cherepanov, N.V. Problems and tasks for the development of artificial intelligence at a machine-building enterprise / N.V. Cherepanov, S.P. Buslaev // Innovations and investments. – 2021. – No. 7. – P. 175-179.

4. Evdokimova, S.A. Application of clustering algorithms to analyze the store's customer base / S.A. Evdokimova, A.V. Zhuravlev, T.P. Novikova // Modeling of systems and processes. – 2021. – Т. 14, No. 2. – P. 4-12. – DOI:10.12737/2219-0767-2021-14-2-4-12.

5. Tabylov, A.U. Assessing the effectiveness of modern robotic technological complexes in mechanical engineering / A.U. Tabylov // Science through the prism of time. – 2023. – No. 1 (70). – pp. 40-44.

6. Suvorov, A.P. Computer modeling in the design of a combined tool for shaping shaped surfaces / A.P. Suvorov, A.V. Kuzovkin // Modeling of systems and processes. – 2023. – T. 16, No. 3. – P. 63-70.

7. Akhrameeva, E.V. Industrial robot as a control object / E.V. Akhrameeva, T.A. Akimenko, T.R. Kuznetsova // News of Tula State University. Technical science. – 2023. – No. 12. – P. 583-585.

8. Automated assembly of products using a robotic manipulator with dynamometer control of the process of tightening screw connections / Ya.Yu. Pikalov [etc.] // iPolytech Journal. – 2023. – Vol. 27(4). – pp. 664-681.

9. Revonchenkova, I.F. Design and application of a speech interface in controlling an assembly robot in mechanical engineering / I.F. Revonchenkova // Assembly in mechanical engineering, instrument making. – 2019. – No. 3. – P. 106-119.

10. Ermolov, I.L. A possible approach to the creation of self-learning control systems for autonomous robots / I.L. Ermolov, S.P. Khripunov // Robotics and technical cybernetics. – 2023. – T. 11, No. 1. – P. 45-50.

11. Ushakov, M.V. Analysis of the capabilities of existing KIM software / M.V. Ushakov, I.A. Vorobyov, S.M. Nikolsky // News of Tula State University. Technical science. – 2021. – No. 10. – P. 506-510.

12. Aberlink | CMM Coordinate Measuring Machines. – URL: <https://www.aberlink.com/>(access date: 03/25/2024).

13. Poluektov A.V., Makarenko F.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling of systems and processes. - 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.