

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОБОТОВ С МИВАРНОЙ СИСТЕМОЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

В.М. Бушуев, Т.М. Алиев, Н.Н. Васянин, Г.А. Евсеев
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Аннотация. В статье приводится разбор задачи автоматизации сборки с использованием роботов с миварными системами принятия решений. Рассматривается вопрос актуальности решения данной задачи. Анализируется предметная область и обзореваются существующие аналоги, а также описывается алгоритм реализации. В конце дается вывод и оценивается возможность реализации данной системы.

Ключевые слова. мивар, миварная сеть, искусственный интеллект, экспертная система, КЭСМИ, Wi!Mi, Разуматор.

AUTOMATED PROCESS OF ASSEMBLY USING ROBOTS WITH MIVAR DECISION- MAKING SYSTEM

V.M. Bushuev, T.M. Aliev, N.N. Vasyanin, G.A. Evseev
BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The article provides an analysis of the task of assembly automatization using robots with mivar decision systems. The issue of the relevance of solving this problem is considered. The subject area and existing analogues were analyzed. The algorithm for implementing this task is described. At the end, a conclusion is given and the feasibility of this system is assessed.

Key words. mivar, mivar network, artificial intelligence, expert system, DSS, Wi!Mi, Razumator.

Введение. Для решения этой проблемы предложено использовать миварные [1] технологии [2] логического искусственного интеллекта (ЛИИ), которые позволяют находить решение с линейной [3] вычислительной сложностью [4] для задач в форматах производственных сетей «если – то» или «вход; выход; действие» [5]. В настоящее время, миварные технологии ЛИИ применяют в различных областях, включая: гетерогенные [6] мультиагентные систем и группы роботов [7], для создания автоматизированных систем управления технологическими процессами [8], для интеллектуального распознавания образов [9], для поиска [10] траекторий роботов [11] и планирования их действий [12], для обучения людей [13], а также в медицине для диагностики сахарного диабета [14], автоматизации психодиагностики [15], определения безопасности применения компонентов крови [16] и для других областей [17].

Таким образом, тема работы актуальна и имеет важное значение для реализации поставленной задачи.

В настоящее время искусственный интеллект развивается быстрыми темпами, передовые разработки в сфере ИИ способны составить достойную конкуренцию устоявшимся методам. Сфера бизнеса проявляет активную заинтересованность в автоматизации процессов, задействованных в производстве продукции. Развитие автоматизации открывает масштабные перспективы широкого использования искусственного интеллекта в таких сферах, как разработка, производство и многие другие. Примером использования может служить массовое создание систем принятия решений (СПР) для автономных роботов.

Создание изделия [18] или конструкции [19] достаточно трудоемкий процесс, занимающий большое количество времени, но при этом подразумевающий выполнение большого количества схожих между собой операций, так что использование роботов, за счет их производительности, точности и долговечности, имеет весомые преимущества. К тому же, рабочие, находящиеся на производстве или на строительной площадке, подвергаются опасности, в отличие от роботов, готовых работать при любых условиях и имеющих меньшую вероятность допущения ошибки при сборке конструкции или изделия.

В рамках данной работы, мы задавали логику, используемую для реализации логических рассуждений, необходимых автономным роботам при работе, с помощью программного продукта КЭСМИ Wi!Mi “Разуматор” [20]. С помощью этого инструмента, мы

можем в реальном времени построить алгоритмы планирования действий робота. Еще стоило бы обозначить, что и сам искусственный интеллект делится на виды: слабый, сильный, промышленный и т.п. В качестве примеров сфер, в которых понадобится СПР для автономного робота можно представить например: направление безопасности на дороге, промышленный уход за инфраструктурой мегаполисов, бытовая сборка мебели, как несложно заметить, возможности использования СПР для автономного робота безграничны. В данной работе создается СПР для автоматизации процессов сборки при помощи роботов.

Постановка задачи. Необходимо разработать алгоритм для МЭС, который будет управлять автономным роботом, который в свою очередь будет осуществлять сборку изделий или конструкций, а также, при необходимости, создавать запрос на печать недостающих деталей. От пользователя необходимо получить точную инструкцию по сборке, опираясь на которую будет производиться сборка требуемых конструкций или изделий. Также пользователь может подать на вход модели деталей, и элементов крепежа, которые при отсутствии при сборке робот сможет распечатать на 3D-принтере. При отсутствии файлов моделей, робот остановит процесс сборки, если не сможет найти деталь среди имеющихся. Это позволит значительно упростить процесс сборки, и ее качество, так как не придется заранее подготавливать и проверять комплектацию деталей для сборки.

Обзорный анализ существующих аналогов. Аналогами разрабатываемой технологии могут выступать конвейерные роботы, которые заточены под сборку конкретных изделий. В отличие от большинства распространенных систем, миварная технология позволяет адаптировать робота под сборку изделий, имеющих существенные конструктивные различия, всего лишь изменив базу знаний и правила, которые задаются программно или с помощью специальных интерфейсов, не затрагивая аппаратную начинку робота или же внося в неё крайне незначительные изменения. Ярким примером в сфере сборки и изделия деталей-сборочный конвейер BMW. Компания BMW использует роботизированные системы с компьютерным зрением для сборки автомобильных деталей [21]. Это позволяет ускорить процесс сборки и повысить точность, что является особенно важным для производства автомобилей высокого качества. Детали на производственной линии проходят через ряд роботизированных станций, которые оснащены камерами и другими датчиками для распознавания и сборки.

Также, одним из самых известных и близких аналогов являются роботы американской компании Boston Dynamics. Роботы данной компании реализуют анализ окружающей среды и принятие решений основываясь на алгоритмах машинного обучения, которые позволяют им "учиться" и "адаптироваться" к изменяющимся параметрам окружающей среды, влияющим на метод и цель выполнения поставленной цели. Особенность данных роботов заключается в способности самостоятельно принимать решения, основываясь на информации, которую они получают из своих датчиков. Например, в одном из видео, опубликованных Boston Dynamics, робот SpotMini показывает свою способность принимать решения в режиме реального времени при движении к обозначенной точке. Он использует свои камеры и датчики, чтобы обнаруживать и избегать препятствий на своем пути, а также осуществлять маневры, чтобы избавиться от препятствий на пути. Подобные технологии внедрены в производственные процессы многих ведущих компаний, в числе которых ABB [22], FANUC [23] и многие другие.

Использование автоматизированных систем в задачах сборки изделий, позволяет достичь высокой точности сборки, поскольку роботы могут выполнять операции с большей скоростью и точностью, чем люди. Кроме того, использование роботов и компьютерного зрения позволяет снизить количество отходов и повторных сборок, что в свою очередь снижает издержки на производство. К сожалению, подавляющее большинство роботов заточены именно на выполнение однотипных операций, что крайне сужает область их применения. Разрабатываемый алгоритм необходим для того, чтобы робот-сборщик не был ограничен несколькими похожими задачами, имея возможность быть примененным в различных предметных областях, без серьезных конструкторских и программных модификаций.

Описание алгоритма. В качестве примера алгоритма по сборке, мы рассмотрим сборку мебели, так как инструкции по ее сборке являются наиболее точными и информативными. Главные шаги алгоритма показаны на рисунке 1.

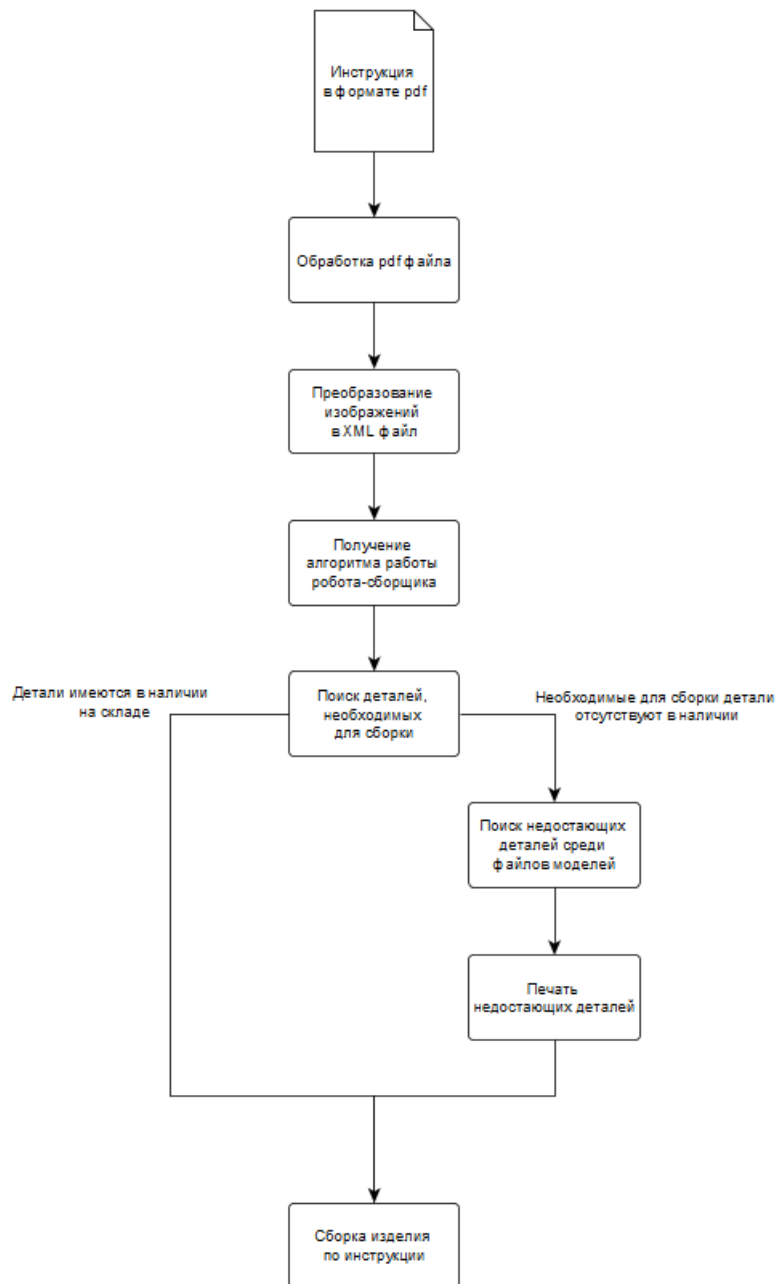


Рисунок 1. Основные этапы алгоритма

На вход принимается инструкция по сборке в формате pdf. С помощью обработки pdf файла извлекается изображение с последовательными шагами сборки. Далее, из изображений выделяются отдельные объекты, которыми являются сборочные детали, а также крепежные элементы, с помощью которых будет производиться соединение деталей. На следующем шаге выполняется преобразование изображений в XML файл с помощью методов оптического распознавания символов [28], а также с помощью методов обработки естественного языка, таких как named entity recognition (NER) [26], entity extraction (EE) [25], relationship extraction [2]. Пример работы данного метода представлен на рисунках 2 и 3.

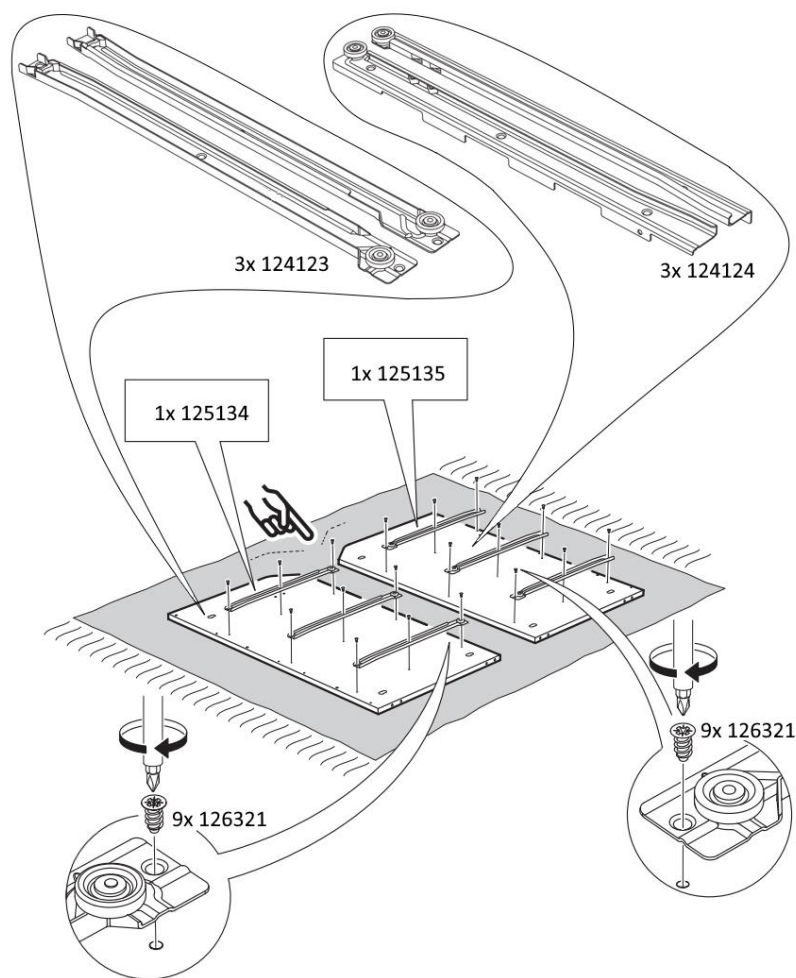


Рисунок 2. Пример изображения инструкции

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<-root>
<-parametr>
<parametr id="124123" value="3" description="" />
<parametr id="123124" value="3" description="" />
<parametr id="125134" value="1" description="" />
<parametr id="125135" value="1" description="" />
<parametr id="126321" value="18" description="" />
<parametr id="P1" value="1" description="" />
<parametr id="P2" value="1" description="" />
...
<-/parametr>

<-rules>
<rule id="R1" resultId="124123" initId="124123" value="124123" description="Найти" />
<rule id="R2" resultId="123124" initId="123124" value="123124" description="Найти" />
<rule id="R3" resultId="125134" initId="125134" value="125134" description="Найти" />
<rule id="R4" resultId="125135" initId="125135" value="125135" description="Найти" />
<rule id="R5" resultId="126321" initId="126321" value="126321" description="Найти" />
<rule id="R6" resultId="P1" initId="124123,125134,126321" value="124123+125134+126321/2" description="Собрать" />
<rule id="R7" resultId="P2" initId="123124,125135,126321" value="123124+125135+126321/2" description="Собрать" />
...
<-/rules>

<-metadata>
<idParametr inc="30" />
<idRule inc="155" />
<-/metadata>
<-/root>
```

Рисунок 3. Пример сгенерированного xml на основе изображения

Полученный XML файл содержит в себе набор параметров, которые представляют все детали, крепежные элементы, и правила, описывающие порядок их соединения. Все эти параметры подаются в качестве входного параметра в Конструктор Экспертных Систем миварный Wi!Mi РАЗУМАТОР, составляющий алгоритм, с помощью которого робот будет производить сборку изделия. Для определения деталей, при сборке, роботом используются методы компьютерного зрения, в частности модели сиамской нейронной сети [24]. Также, в качестве входных данных может быть задан набор файлов моделей, деталей и крепежных элементов, которые используются в сборке. При помощи этих файлов будет возможно напечатать недостающие детали на 3D-принтере. При отсутствии требуемой сборочной единицы среди набора имеющихся деталей, ее название будет сравниваться с названиями файлов моделей до нахождения нужного файла. Затем, найденный файл отправится на 3D-принтер для печати, после чего робот заберет напечатанную модель и использует ее в дальнейшей сборке. Возможен и альтернативный алгоритм: при помощи методов сравнения изображений, основанных на той же самой модели сиамской нейронной сети, сравнивается отсутствующий объект с содержимым файлов моделей, до нахождения нужного, что освобождает оператора от стандартизации файлов.

Заключение. В статье разобрана задача автоматизации сборки с использованием роботов с миварными системами принятия решений. Рассмотрен вопрос актуальности решения данной задачи. Проанализирована предметная область и приведен обзор существующих аналогов, а также описан алгоритм реализации. На основании выполненной работы, можно сделать заключение о возможности реализации поставленной задачи. Задачу реализовать возможно, но могут возникнуть сложности на этапе преобразования изображения в XML файл при сборке корпуса для обучения, при подборе и обучении самой модели.

Список литературы

1. Варламов О.О. Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство. - М.: Радио и связь, 2002. 288 с. EDN RWTCP.
2. Варламов О.О., Чувилов Д.А. Миварные технологии как средство создания систем автоматизации разумной деятельности человека // Автоматизация и управление в технических системах. 2016. № 1 (18). С. 13. EDN: ZXUHAT.
3. Варламов О.О., Чибирова М.О., Сергушин Г.С., Елисеев Д.В. Практическая реализация универсального решателя задач "УДАВ" с линейной сложностью логического вывода на основе миварного подхода и "облачных" технологий // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2013. № 11. С. 45-55. EDN: SQKNXZ.
4. Носов А.В., Владимиров А.Н., Потапова Т.С. и др. Программа "УДАВ": реализация линейной вычислительной сложности матричного метода поиска маршрута логического вывода на основе миварной сети правил // Искусственный интеллект. 2009. № 3. С. 443-448. EDN TIFGD.
5. Варламов О.О., Антонов П.Д., Чибирова М.О. и др. МИВАР: машино-реализуемый способ автоматизированного построения маршрута логического вывода в базе знаний // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 28-43. EDN: UQEPGD.
6. Белоусова А.И. Использование миваров и многоуровневой модели гетерогенной мультиагентной системы на практике // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2011. № 1-1 (39). С. 39-45. EDN: NECGGX.
7. Васюгова С.А. О возможностях использования миварных технологий представления знаний и обработки данных для групп роботов и гетерогенных мультиагентных систем и сред // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2011. № 1-1 (39). С. 65-70. EDN: NECGIL.
8. Сергушин Г.С., Чибирова М.О., Елисеев Д.В. и др. Информационное моделирование сложных автоматизированных систем управления технологическими процессами на основе миварных технологий // Искусственный интеллект. 2013. № 3. С. 126-138. EDN: TZBWRP.
9. Синцов М.Ю., Озерин А.Ю., Кузин А.А. и др. О развитии миварного подхода к интеллектуальному распознаванию образов для работы с трехмерными объектами // Радиопромышленность. 2015. № 3. С. 172-183. EDN: UQEPDZ.
10. Варламов О.О. Разработка квадратичной сложности методов поиска минимального разреза двухполюсных и многополюсных сетей // Искусственный интеллект. 2002. № 3. С. 371-375. EDN: TXHSIJ.
11. Коценко А.А., Герасименко А.В., Калашникова А.В. и др. Методика применения миварной экспертной системы для автоматизированного поиска нескольких траекторий робота // Естественные и технические науки. 2022. № 5 (168). С. 209-221. EDN: XSXYXM.

12. Осипов В. Г., Чувиков Д. А., Кривошеев О. В. и др. Планирование действий по обработке и сборке изделий в машиностроительном ИИ // Мивар'22. – Москва : Издательский Дом "Инфра-М", 2022. – С. 420-427. – EDN LAJOSM.
13. Блохина С.В., Адамова Л.Е., Колупаева Е.Г. и др. Разработка учебных программ с элементами искусственного интеллекта для обучения в области информационной безопасности и защиты персональных данных // Искусственный интеллект. 2009. № 3. С. 328-335. EDN: TIFIGN.
14. Белоусов Е.А., Попов И.А., Евдокимов А.А. и др. Рекомендательная система диагностики сахарного диабета на основе механизма миварного вывода // Естественные и технические науки. 2021. № 7 (158). С. 169-174. EDN: JSFUSI.
15. Калашникова А.В., Коценко А.А., Сергеев И.В. и др. Миварная экспертная система "Психодиагностика" // Естественные и технические науки. 2022. № 6 (169). С. 282-290. EDN: WPNW XF.
16. Варламов О.О., Чувиков Д.А., Лемонджава В.Н. и др. Программный комплекс с поддержкой принятия решений о безопасности применения термолабильных компонентов крови // Медицинская техника. 2021. № 5 (329). С. 40-43. EDN: YZHHNV.
17. Мивар'22. – Москва : Издательский Дом "Инфра-М", 2022. – 440 с. – EDN RQIFBK.
18. ГОСТ 2.101-68. Единая система конструкторской документации. ВИДЫ ИЗДЕЛИЙ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001988>(дата обращения: 20.04.2023)
19. ГОСТ 27751-2014. НАДЕЖНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ОСНОВАНИЙ. Основные положения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115736> (дата обращения: 20.04.2023).
20. Чувиков Д.А., Сараев Д.В. “Моделирование поведения автономного робота-гида в среде V-REP с использованием миварного конструктора алгоритмов” //XXVIII Международная инновационно-ориентированная конференция молодых ученых и студентов (МИКМУС - 2016) сборник трудов конференции. 2017. С. 302-305.
21. Медведев, Ю.Н., Чичерин, Н.Н. “Применение машинного обучения для повышения эффективности производственных систем”. //Информационные технологии в проектировании и производстве, т. 27, № 4, 2019, с. 62-70.
22. Подразделение «Робототехника» компании ABB. URL:<https://new.abb.com/ru/onas/technologies/tehnologii/promyshlennye-roboti> (дата обращения: 20.04.2023)
23. FANUC GLOBAL. URL: <https://www.fanuc.com/index.html> (дата обращения: 20.04.2023)
24. Chicco D. “Siamese Neural Networks: An Overview” //Cartwright, H. (eds) Artificial Neural Networks. Methods in Molecular Biology, vol 2190. Humana, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0826-5_3
25. Alhajj, R., Rokne, J. “Entity Extraction”. // Encyclopedia of Social Network Analysis and Mining. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7131-2_100333
26. Kayal, S., Afzal, Z., Tsatsaronis, G., Doornenbal, M., Katrenko, S., Gregory, M. “A Framework to Automatically Extract Funding Information from Text”. //Nicosia, G., Pardalos, P., Giuffrida, G., Umeton, R., Sciacca, V. Machine Learning, Optimization, and Data Science. LOD 2018. Lecture Notes in Computer Science (), vol 11331. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13709-0_27
27. Denecke, K. “Relation Extraction”. //Health Web Science. Health Information Science. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20582-3_9
28. Schantz, Herbert F. “The history of OCR, optical character recognition”. //Manchester Center, Vt.: Recognition Technologies Users Association. ISBN 9780943072012.