

Р. Р. ГАЛИН

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, Москва

УМНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА И РОБОТА

На пути становления и развития четвертой промышленной революции или Industry 4.0, чья концепция заключается в автоматизированном производстве безлюдных рабочих пространств, возникает вопрос трансформации и полной автоматизации производства. Данный процесс подразумевает создание умных производственных мощностей, интегрируя роботов на рабочие места. Рост функциональных возможностей робототехнических решений способствует непрерывному производственному процессу. Однако, современные технологии не позволяют полностью автоматизировать рабочий процесс. Таким образом, возникает необходимость оптимального распределения функциональных задач между человеком и роботом. Данный подход является альтернативным решением эффективного умного производства, при котором рост производительности зависит от совместной работы человека и коллаборативного робота, учитывая требования мер безопасного взаимодействия.

Введение. Применение сетевых информационных технологий и социо-киберфизических системах в производственном процессе ознаменовало переходный этап от автоматизации и компьютеризации к «умному производству». Понятие «умного производства» связано с интеграцией киберфизических систем в производство с целью интеллектуального управления рабочим процессом. Целью «умного производства» является повышение производительности труда и снижение издержек с использованием современных технологий и интеллектуальных робототехнических систем.

Предлагаемый доклад посвящен разработке многоагентной робототехнической системы с применением коллаборативных роботов в рабочем процесс с целью создания умного производства на предприятии.

В соответствии с технической спецификацией и международными стандартами [1–3], к коллаборативным роботам относятся такие роботы, способные работать совместно с человеком в едином пространстве без нанесения вреда последнему. Понятие коллаборативного робота или кобота появилось задолго до его реализации в современной робототехнике [4, 5]. Причиной этому последовало переосмысление автоматизации производственного процесса на стыке с развитием технологий. Данные роботы оснащены широким набором датчиков и систем технического зрения. Например, если человек попадает в зону действия такого робота, они смогут изменить алгоритм поведения и не причинят ему вред. Если это движущийся робот, то попадая в траекторию движения человека, он должен либо остановиться, либо изменить свою траекторию.

Многоагентная робототехническая система. Взаимодействие интеллектуальных агентов. Многоагентные системы представляют собой некоторое множество интеллектуальных агентов, взаимодействующих друг с другом, учитывая взаимное влияние со стороны внешней среды [6, 7]. Изначально данное понятие связано с программными системами или моделями, которые описывают процесс их работы и поведения. Тогда в качестве агента выступает программный агент (исполняемая программа) или абстрактный интеллектуальный агент, например, экономический агент (то есть, модель, формализованное описание действующего лица реальной системы). При рассмотрении робототехнических систем в качестве агента выступают роботы [8]. Ключевыми аспектами интеллектуальных агентов являются целенаправленность и автономность, связанная с действиями на основе целенаправленных проблемно-ориентированных рассуждений.

Интеллектуальные агенты классифицируются на натуральные и искусственные. К натуральным – относятся человек, животные, а к искусственным – робот, коллектив роботов, компьютерная программа. Более комплексное определение интеллектуального агента дано в работе [9].

В противоположность интеллектуальным агентам – реактивные, не имеют представления о внешней среде и не обладают функциями когнитивного анализа. Реактивные агенты не обладают возможностью прогнозировать изменения внешней среды и планировать действия в

отношении других агентов [10]. На рисунке представлен сравнительный анализ агентов с разделением по типологии.



Рисунок. Сравнительный анализ интеллектуальных агентов

Автономность интеллектуальных агентов позволяет планировать действия агентов с учетом изменений внешней среды и поведением других агентов в многоагентной системе для достижения поставленной цели. Коллаборативные роботы относятся к интеллектуальным агентам, способным реагировать на других агентов в различных ситуациях на основе прогнозируемой информации. Стоит отметить, что реактивные агенты, учитывая их большое число, в системе могут представлять интерес на коллективном уровне. Такие системы представляют относительно простую систему, но с жесткой зависимостью от внешней среды. Взаимная адаптация способна решать сложные задачи. К таким примерам относится группа манипуляционных роботов на конвейере. Группу интеллектуальных агентов – коллаборативных роботов и людей-операторов можно назвать робототехнической эргатической системой. Взаимодействие рассматривать на примере многоагентной робототехнической эргатической системы.

Распределение задач между интеллектуальными агентами. Распределение задач в многоагентной робототехнической эргатической системе рассматривается с применением коллаборативных роботов, учитывая требования безопасности [1, 2] централизованными и децентрализованными методами и алгоритмами.

Централизованное распределение задач относится к видам глобального планирования и осуществляется в многоагентной робототехнической системе управляющим центром. Применение такого метода характерно с возможными изменениями входных данных, что увеличивает число задач для интеллектуальных агентов. В данном случае возникает необходимость пересматривать процедуру распределения задач. Наиболее оптимальными алгоритмами применительно к централизованному методу распределения задач относятся алгоритм роя частиц и генетический алгоритм.

В случае, когда планирование действия агентов происходит на локальном уровне, потеряв связь с управляющим центром или по причине выхода из строя агентов, возникшего столкновения или препятствия, применим децентрализованный метод распределения задач. Наиболее оптимальными алгоритмами применительно к децентрализованному методу распределения задач относятся алгоритм аукциона и метод на основе теории игр.

Заключение. Сравнительный анализ применения различных методов распределения задач показывает наиболее эффективное решение для поставленной задачи. Для централизованного метода распределения задач наиболее приемлемым алгоритмом является алгоритм роя частиц. В отношении децентрализованного метода приемлем алгоритм на основе теории игр.

Внедрение коллаборативных роботов в процесс автоматизации позволяет многие задачи эффективно решать только при групповом взаимодействии интеллектуальных агентов.

Работа проводилась при частичной поддержке гранта РФФИ 19-08-00331

ЛИТЕРАТУРА

1. ISO. ISO/TS 15066:2016-02 (e) Robots and robotic devices – Collaborative robots (2016).
2. ISO 10218-2:2011 “Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 1, 2: Robot systems and integration” Geneva (2011).
3. **Galin R., Meshcheryakov R.** (2019) Review on Human–Robot Interaction during Collaboration in a Shared Workspace. In: Ronzhin A., Rigoll G., Meshcheryakov R. (eds) Interactive Collaborative Robotics. ICR 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol. 11659. Springer, Cham.
4. **Ермишин К.В., Ющенко А.С.** Коллаборативные мобильные роботы – новый этап развития сервисной робототехники / К.В. Ермишин, А.С. Ющенко // Робототехника и техническая кибернетика. №3(12). Санкт-Петербург: ЦНИИ РТК. 2016. С. 3-9.
5. **Anandan T.M.** Robots, humans collaborate on safety. Электронный ресурс. URL: <https://www.controleng.com/single-article/robots-humans-collaborate-on-safety>. Дата обращения: 05.08.2020.
6. **Wooldridge M., Jennings N.** Agent Theories, Architectures and Languages: a Survey // Intelligent Agents: ECAI-94 Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages (Amsterdam, The Netherlands, August 8-9, 1994)/ Ed. by M. Wooldridge, N. Jennings. Berlin: Springer Verlag, 1995. P.1-22.
7. **Тимофеев А.В.** Мультиагентное и интеллектуальное управление сложными робототехническими системами // Теоретические основы и прикладные задачи интеллектуальных информационных технологий. СПб.: СПИИ РАН, 1999. С. 71-81.
8. **Осипов О.Ю., Мещеряков Р.В., Шепеленко М.Г.** Проектирование цифровых моделей элементов электромашиной части электромехатронных модулей робототехнических систем // Экстремальная робототехника. 2017. № 1. С. 160-164.
9. **Sycara K., Pannu A., Williamson M., Zeng D., Decker K.** Distributed Intelligent Agents/IEEE Expert: Intelligent Systems and Their Applications. 1996. Vol.11, №6. P. 36-46.
10. Многоагентные системы. Информационный портал – Aportal.ru – Искусственный интеллект. Электронный ресурс. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/multiagent-systems/agent-classification.html>. Дата обращения: 12.07.2020.

R.R. Galin, (V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow)

Smart Production. Human-Robot Collaboration

The Industry 4.0 is changing the approach to automation. The concept is to automate the production of free workspaces. This process involves creating smart production capacities by integrating robots into workplaces. Functional capabilities growing of robotic solutions are contributes to a continuous production process. There is a task for automation that disclose in optimal distribution of functional tasks between a human and a robot. This approach is an alternative solution to efficient smart production in which productivity growth depends on the collaboration of a human and a collaborative robot, taking into account the requirements of safe interaction measures.