

УДК 681.5

DOI: 10.25686/978-5-8158-2474-4-2025-10-12

Графические технологии расширенного взаимодействия с сервисными роботами

В. Е. Пряничников¹⁻³, В. В. Ястребов^{1,2}, С. В. Кувшинов³, К. В. Харин³

¹Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша Российской академии наук, Москва, Россия

²Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия

³МИНОТ РГТУ Институт перспективных медиатехнологий и интеллектуальной роботоники, Москва, Россия

Аннотация. В работе рассматривается концептуальная структура, названная «онтологией сотрудничества», исследующая взаимосвязи и особенности совместной работы человека и машин, в особенности в контексте совместного использования роботов и технологий искусственного интеллекта. Уделяется внимание интуитивному и безопасному взаимодействию, формированию «доверия» между человеком и машиной, а также минимизации рисков, связанных с ошибками или непредсказуемым поведением. Дается обзор иммерсивных технологий и мультимодального построения интерфейсов, обеспечивающих более адекватное взаимодействие в системе «человек-робот» на основе использования психологических, профессиональных, гуманитарных особенностей человека, в том числе для подмены или комплексирования информации от различных органов чувств человека, что соответствует явлению так называемой «синестезии». Предложен и протестирован вид общения человека и робота посредством синтеза контурных рисунков эмоций, шаржей, отображаемых с помощью лазера в векторной графике на окружающих поверхностях общего для человека и робота операционного пространства либо передаваемых дистанционно через типовые интерфейсные системы. Акцент сделан на образной передаче информации.

Ключевые слова: взаимодействие человека и робота (HRI – human-robot interaction), онтология сотрудничества, мультимодальный интерфейс, иммерсивные технологии, синестезия, контурные рисунки, лазерная векторная графика, образная передача информации, дополненная реальность, виртуальная реальность, смешанная реальность.

Graphical technologies for enhanced interaction with service robots

V. E. Pryanichnikov¹⁻³, V. V. Iastrebov^{1,2}, S. V. Kuvshinov³, K. V. Kharin³

¹ Keldysh Institute of Applied Mathematics (KIAM) Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

² Moscow State University of Technology "STANKIN" (MSTU STANKIN), Moscow, Russia

³ INET RSUH Institute of Advanced Media Technologies and Intelligent Robotics, Moscow, Russia

Abstract. This paper considers a conceptual structure called the "ontology of cooperation", which explores the interrelationships and features of human and machine collaboration, especially in the context of the joint use of robots and artificial intelligence technologies. Attention is paid to intuitive and safe interaction, trust between a human and a machine, as well as minimizing the risks associated with errors or unpredictable behavior. An overview is given of immersive technologies and multimodal interface construction that ensure more adequate interaction in the human-robot system based on the use of psychological, professional, and humanitarian human characteristics, including for substituting or integrating information from various human sensory organs, which corresponds to the phenomenon of the so-called "synesthesia." A type of human-robot communication is proposed and tested by means of contour drawings in the form of emotions, cartoons displayed using a laser in vector graphics on the surrounding surfaces of a space common to humans and robots, or transmitted remotely through the standard interface systems. The emphasis is on the imaginative transfer of information.

Keywords: human-robot interaction (HRI), ontology of cooperation, multimodal interface, immersive technologies, synesthesia, contour drawings, laser vector graphics, imaginative information transfer, AR-augmented reality, VR-virtual reality, MR-mixed reality.

Введение

Сотрудничество человека и робота может быть представлено в виде концептуальной структуры, которая исследует взаимосвязи и особенности совместной работы человека и машин, особенно в контексте использования роботов и технологий искусственного интеллекта. Такую концептуальную структуру можно назвать «онтологией сотрудничества», которая рассматривает, как люди и роботы могут эффективно и «синергетически» работать вместе, учитывая особенности графических интерфейсов, психологические, социальные, этические и технические факторы (некоторые публикации из данной области приведены в работах [1-9]). Одним из ключевых элементов в этой онтологии является понимание ролей каждого из участников сотрудничества.

Субъективные факторы проектирования интерфейсов человек-робот

Люди и роботы имеют различающиеся сильные стороны и недостатки: люди могут проявлять творчество, эмоциональный интеллект и способность к принятию решений в условиях неопределенности, в то время как роботы, системы ИИ и машинного обучения могут обеспечивать высокую производительность, точность и способность обрабатывать большие объемы данных.

Онтология сотрудничества рассматривает то, как эти сильные стороны могут дополнять друг друга, чтобы достичь общей цели, будь то в производственной среде, в сфере обслуживания или в других областях, в том числе с учётом динамики взаимодействия. Это предполагает необходимость проектирования систем, обеспечивающих интуитивное и безопасное взаимодействие, доверие между человеком и машиной, а также минимизацию рисков, связанных с ошибками или непредсказуемым поведением. В этом контексте вопросы этики и ответственности также становятся значимыми, поскольку они касаются того, кто отвечает за действия робота (разработчик, эксплуатант, пациент).

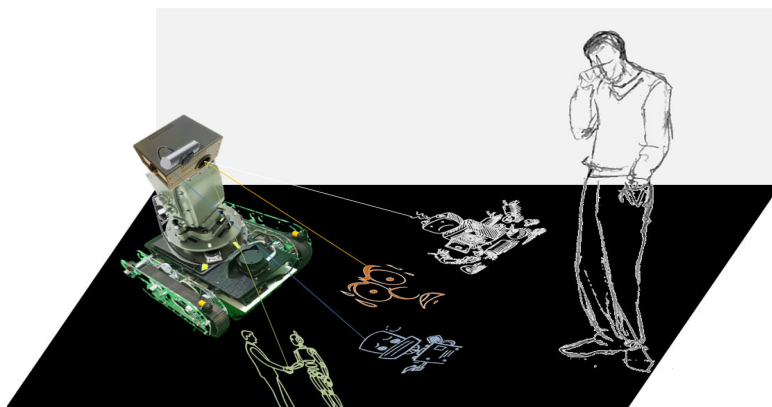
Онтология сотрудничества включает в себя изучение контекстных факторов, таких как культурные различия, специфика отрасли и операционной среды. Например, в сфере, где высока необходимость в гуманитарном подходе и социальном взаимодействии, роль человека будет более значительной, тогда как в производственных областях роботы могут занять более активную позицию.

Таким образом, онтология сотрудничества человека и робота предполагает многофакторный подход к пониманию динамики совместной работы в быстро развивающемся технологическом ландшафте (*rapidly evolving technological landscape*). Она помогает находить баланс между интеграцией инновационных технологий и сохранением человеческих ценностей и отношений, что является актуальным вопросом для современного общества, в том числе при использовании технологий виртуальной реальности.

Разработки коллаборативных сервисных роботов

В докладе приведён краткий обзор иммерсивных технологий и мультимодального построения интерфейсов, обеспечивающих более адекватное взаимодействие в системе «человек-робот» на основе использования психологических, профессиональных, гуманитарных особенностей человека, в том числе для подмены или комплексирования информации от различных органов чувств человека (явление так называемой синестезии).

На основании этого обзора был выполнен ряд работ, приведших к созданию соответствующих программно-аппаратных графических средств и интерфейсов для коллаборативных роботов, взаимодействующих с человеком в общей операционной среде. Разработанные сервисные мобильные роботы (см. рисунок) и сенсорные системы различного назначения были сведены в роботариум, который стал основой для проведения научно-исследовательских работ и для подготовки специалистов в области робототехники.



Вычерчивание роботом эмоциональной и образной информации с помощью RGB-лазера

Заключение

В представленном обзоре рассмотрены и проанализированы разнообразные способы общения и сотрудничества человека и робота. Уделено внимание физиологическим и психологическим аспектам этого общения и сотрудничества.

На основании проведённого анализа предложен и протестирован вид общения человека и робота посредством контурных рисунков типа эмоций, шаржей, отображаемых с помощью лазера в векторной графике на окружающих поверхностях общего для человека и робота пространства либо передаваемых дистанционно через типовые интерфейсные системы. Акцент был сделан на образной передаче информации. Она воспринимается правым полушарием и может мгновенно быть воспринята всеми органами чувств, включая обоняние, тактильные ощущения. В этом смысле можно говорить об искусственной синестезии, с помощью которой робот создаёт у человека ощущения восприятия одновременно всеми органами чувств.

Векторная лазерная графика предложена также с целью подмены роботом (который не является человекоподобным) своего имиджа, имитирующего человеческое общение. Соображения, представленные в этом обзоре, легли в основу наших разработок коллаборативных сервисных роботов, лазерных и сенсорных систем, используемых как в исследовательских целях, так и для ведения совместной образовательной деятельности в рамках проекта «Интеллектуальная робототроника».

Источник финансирования

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема 07, FFMN-2025-0022).

Список литературы

1. Пряничников В. Е., Ястребов В. В. Способ свёртки изображений для последующей идентификации объектов сервисными роботами // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе, науке, образовании, медиа и в других областях: XVI ежегодная научно-практическая конференция: материалы и доклады. Часть II / под общ. ред. О. Н. Раева. – Москва: КУНА, 2024. С. 128-135. ISBN 978-5-98547-148-9. URL: https://www.rsuh.ru/education/minot/conf_3d-2024.php
2. Давыдов О. И., Пряничников В. Е. Архитектура системы управления мобильного сервисного робота // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2015. Т. 13, № 7. С. 41-50.
3. Davydov D. V., Eprikov S. R., Kirsanov K. B., Pryanichnikov V. E. (2017). Service Robots Integrating Software and Remote Reprogramming, Proceedings of the 28th DAAAM International Symposium, pp. 1234-1240, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-11-2, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria. DOI: 10.2507/28th.daaam.proceedings.172.
4. Smith J.R., & Johnson M.K. (2023). Immersive Technologies for Human-Robot Interaction: Current Trends and Future Directions. *Robotics and Autonomous Systems*, 159, 103-121. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2023.103121>
5. Lee S., Kim H., & Park T. (2022). Augmented Reality Interfaces for Collaborative Robotics. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 52(4), 678-690.
6. Chen X., Wang Y., & Zhang Q. (2021). Virtual Reality in Robot Teleoperation: A Systematic Review. *International Journal of Social Robotics*, 13(5), 1023-1045.
7. Hernandez M.G., & Williams B. (2020). The Psychology of Immersive HRI: Building Trust Through Virtual Environments. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, 9(3), 1-24.
8. Anderson P.L., & Taylor R.S. (2019). *Mixed Reality for Industrial Human-Robot Collaboration*. Springer Series on Automation and Control Engineering. Springer.