



Научная статья

УДК 373

DOI: 10.25688/2072-9014.2023.64.2.03

РАЗРАБОТКА АНТРОПОМОРФНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Алексей Юрьевич Львов¹ ✉,
Сергей Георгиевич Григорьев²

^{1,2} Московский городской педагогический университет, Москва, Россия

¹ a@lvovlife.ru ✉, <http://orcid.org/0000-0001-8953-6132>

² grigorsg@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0034-9224>

Аннотация. В статье рассматриваются возможные аспекты применения антропоморфного робота в системе образования в качестве ассистента, предложены направления совершенствования технической и программной составляющей, определенные спецификой учебно-воспитательного процесса, а также текущим состоянием научно-технического прогресса.

Ключевые слова: антропоморфный робот; социальный робот; робот-ассистент учителя; образовательный процесс; технические и программные компоненты робота.

Original article

UDC 373

DOI: 10.25688/2072-9014.2023.64.2.03

DEVELOPMENT OF ANTHROPOMORPHIC ROBOTS
FOR EDUCATIONAL APPLICATIONSAlexey Yu. Lvov¹ ✉,
Sergey G. Grigoriev²^{1,2} Moscow City University, Moscow, Russia¹ a@lvovlife.ru ✉, <http://orcid.org/0000-0001-8953-6132>² grigorsg@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0034-9224>

Abstract. The article discusses the possible aspects of using an anthropomorphic robot in the education system as an assistant. The authors suggest ways to improve the technical and software components, determined by the specifics of the educational process, as well as the current state of scientific and technological progress.

Keywords: anthropomorphic robot; social robot; teaching assistant robot; educational process; technical and software components of the robot.

Для цитирования: Львов, А. Ю., Григорьев, С. Г. (2023). Разработка антропоморфных роботов для применения в образовательном процессе. *Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования»*, 2(64), 32–41. <https://doi.org/10.25688/2072-9014.2023.64.2.03>

For citation: Lvov, A. Yu., & Grigoriev, S. G. (2023). Development of anthropomorphic robots for educational applications. *MCU Journal of Informatics and Informatization of Education*, 2(64), 32–41. <https://doi.org/10.25688/2072-9014.2023.64.2.03>

Введение

Одной из причин разработки и развития антропоморфных устройств является особая антропогенная среда, созданная человеком. Именно в этой среде человек существует, работает, обучается, развивается и общается с другими людьми. Среда меняется самим человеком, который старается сделать ее более комфортной, однако в ней присутствуют элементы, обусловленные особенностями самого человека, его анатомией, воспитанием, культурой и традициями. Особенностью современного этапа развития цивилизации является проникновение и широкое распространение средств автоматизации различных видов деятельности человека для выполнения рутинных операций. Возникает проблема адаптации человека к вновь появляющимся устройствам, интеграции их в среду обитания. Особенно значима данная проблема для отдаленных регионов, например северных территорий, специфические условия которых приводят к высокой миграции населения, дефициту кадров и ряду других социальных проблем. Проблема эта имеет технические и психологические аспекты.

Возможности применения антропоморфных устройств и механизмов привлекают внимание человечества с античных времен. Именно в мифологии появилось первое упоминание о человекоподобном механизме по имени Талос¹, созданном усилиями древнегреческих богов Зевса и Гефеста. В эпоху Возрождения Леонардо да Винчи создал кинематическую схему антропоморфного механизма [1], в XVIII веке Пьер Жаке-Дро, Анри-Луи Жаке-Дро и Жан-Фредерик Лешо создают антропоморфные куклы: художника, писателя и музыканта². Разработки в этом направлении продолжают и в настоящее время. За прошедший год мы наблюдали повышенный интерес к антропоморфной робототехнике со стороны крупнейших IT- и технологических компаний, таких как Xiaomi и Tesla, а также узкоспециализированных робототехнических компаний, представивших собственные актуальные разработки в данной области.

Известны исследования, посвященные проблеме создания и применения антропоморфных механизмов. Экспериментально установлено, что восприятие роботов человеком тем более благоприятно, чем в большей степени робот похож на человека [2]. Экспериментальные исследования отношения детей к антропоморфным роботам [3] показали, что большинство детей верили в то, что робот обладает психическими состояниями, является социальным существом и заслуживает справедливого обращения. Социальные и моральные отношения детей с антропоморфными роботами могут быть содержательными и значимыми, антропоморфные роботы могут стать онтологической категорией.

В антропогенной среде человек будет существовать, оставаясь человеком, а робототехническое устройство, если оно содействует, помогает выполнению ряда функций человека, должно быть адаптировано разработчиком к такой среде в той степени, которая необходима для решения поставленных задач. Это означает необходимость и/или возможность перестройки мехатронных и программных компонентов робота в соответствии с требованиями успешного функционирования в антропогенной среде. Вместе с тем нельзя не отметить и некоторые особенности антропогенной среды, определяющей ряд стандартов движений антропоморфного робота³.

Одной из распространенных антропогенных сред, созданных человеком, является антропогенная среда сферы образования. Существуют различные подходы, связанные с автоматизацией данной среды в целом и отдельных ее компонентов, таких как содержание и методы, средства обучения [4; 5], развитие форм обучения [6], а также с оценкой различных подходов в использовании определенных технологий. Данные подходы обусловлены применением различных программных систем и, в сущности, не предполагают применения

¹ *Википедия* (2023). Talos. <https://ru.wikipedia.org/wiki/TALOS>

² *Wikipedia* (2023). Jaquet-Droz automata. (In English). https://en.wikipedia.org/wiki/Jaquet-Droz_automata

³ Хеддар, А. (2017, 3 августа). Зачем роботу быть похожим на человека? *Европульс*. <https://europulse.ru/eurotrend/zachem-robotu-byit-pohozhim-na-cheloveka>

мехатронных устройств: исполнительных механизмов для перемещения различных объектов, датчиков, способных измерять физические величины. Необходимо отметить, что образовательный процесс состоит из ряда компонентов. Безусловно, важнейшей составляющей является процесс обучения. Вместе с тем существуют различные важные, но рутинные процессы, например учет посещения занятий, заполнение документации, сопровождение учащегося, контролирование комфортности среды в помещении и ряд других, традиционно выполняемых учителем. Антропоморфное устройство способно выполнять большую часть этих функций в антропогенной среде. Это даст возможность преподавателю сконцентрировать внимание на функциях обучения и воспитания учащихся.

Методы и средства исследования

В данной статье будут рассмотрены результаты исследования возможности применения антропоморфного устройства в качестве ассистента преподавателя, а также возможности совершенствования данного устройства с целью расширения его функций в этом виде деятельности.

Аппаратной основой для проведения исследований послужило антропоморфное робототехническое устройство РОМА (Робот Малогабаритный Антропоморфный), созданный учеными и сотрудниками Инженерного института Казанского федерального университета [7].

Выбор робототехнической платформы основывался на сравнительном анализе существующих решений. Технические характеристики робота в совокупности с вычислительными возможностями позволили сделать оптимальный выбор. Робот имеет средние габаритные размеры (394 мм в высоту) и вес (2,7 кг), что позволяет взаимодействовать с ним без применения дополнительных технических средств. При этом робот обладает системой технического зрения, датчиками уровня шума, микрофоном, голосовым модулем и динамиком для воспроизведения звука.

Также робот имеет гибкую систему обеспечения двигательной активности и ориентации в пространстве. За движения робота отвечают 19 сервоприводов, расположенных в ногах и руках робота, что, в свою очередь, дает пять степеней свободы для каждой ноги и по четыре степени в руках. Ориентация в пространстве осуществляется за счет применения трех ультразвуковых модулей для измерения расстояния и комбинированного модуля с функциями гироскопа, акселерометра и компаса. Все датчики и исполнительные механизмы подключены через контроллер Arduino Mega 2560 (ATmega2560). Основное управление роботом осуществляется микрокомпьютером Raspberry PI 3 model B+ под управлением операционной системы Linux [8].

На основе изучения возможностей технических средств робота и программного обеспечения, способного функционировать под управлением

операционной системы Linux, были определены подходы к использованию антропоморфного робота в проведении занятий на разных уровнях образования, управления учебным процессом, выполнение функции ассистента учителя и иных участников учебно-воспитательного процесса.

Были рассмотрены и апробированы пакеты прикладных программ, обеспечивающие взаимодействие всех компонентов робота с внешней средой за счет использования кросс-платформенной системы обмена информацией и внешнего управления.

Система распознавания лиц⁴, работающая под управлением Linux, позволяет определить учащихся, присутствующих на занятиях. Системы распознавания текста⁵ и генерации русской речи⁶ обеспечили возможность диалога робота, учащегося или преподавателя.

Для проведения ряда экспериментов потребовалось провести модернизацию робота РОМА: установить дополнительный экран, подключенный к управляющему компьютеру. Необходимо отметить, что установка и запуск одновременно нескольких пакетов прикладных программ, требовательных к вычислительным ресурсам управляющего компьютера, оказались затруднены из-за ограниченных возможностей установленного аппаратного обеспечения. Поэтому изучение возможностей проводилось в ряде случаев последовательно и дифференцированно.

Результаты исследования

На основе использования робота РОМА в качестве прототипа экспериментально реализованы следующие функции антропоморфного робота, которые могут быть задействованы в области образования:

1. Модерирование занятий с учащимися, состоящее в регуляции этапов урока (например, приветствие учащихся, выполнение физкультурных пауз).

⁴ *Github* (2020). Face Recognition — The world's simplest facial recognition API for Python and the command line. (In English). https://github.com/ageitgey/face_recognition/; *OpenCV* (Open Source Computer Vision Library) (2022, March). OpenCV Face Recognition. March 2022 Report. (In English). <https://opencv.org/opencv-face-recognition/>; Rosebrock, A. (2018, June 18). Face recognition with OpenCV, Python, and deep learning. Published on June 18, 2018. *PyImageSearch community*. (In English). <https://www.pyimagesearch.com/2018/06/18/face-recognition-with-opencv-python-and-deep-learning/>; Rosebrock, A. (2019, September 16). Install OpenCV 4 on Raspberry Pi 4 and Raspbian Buster. Published on September 16, 2019. *PyImageSearch community*. (In English). <https://www.pyimagesearch.com/2019/09/16/install-opencv-4-on-raspberry-pi-4-and-raspbian-buster/>

⁵ *Github* (2020). Tesseract Open Source OCR Engine. (In English). <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract.git/>; *Сообщество Raspberry Pi в России* (2016). Голосовой ассистент на Raspberry Pi. <https://raspberrypi.ru/636-golosovoy-assistent-na-raspberry-pi/>

⁶ *Сообщество Raspberry Pi в России* (2018). Обзор речевых синтезаторов (Text To Speech, TTS) для Raspberry Pi. <https://raspberrypi.ru/711-obzor-rechevyh-sintezatorov-text-to-speech-tts-dlya-raspberry-pi/>

2. Контроль присутствия/отсутствия обучающихся на занятии и автоматизация заполнения электронного дневника.

3. Система телеприсутствия как часть системы дистанционного обучения в учебном заведении, а также средство обеспечения присутствия больного ребенка на уроке.

4. Базовое общение на разных языках, чтение из какого-либо источника, раздача заданий.

5. Антропоморфная система отработки произношения при изучении языков, решение логопедических проблем учащихся.

6. Выполнение роли информационного администратора и консультанта учебного заведения. В задачи робота входят ответы на вопросы «Куда и как пройти?», сопровождение посетителей, информирование о присутствии или отсутствии персонала и учащихся школы.

Предлагается также использование антропоморфной системы для работы с учащимися с ограниченными возможностями здоровья на основе применения различных коррекционных технологий, в том числе при определенном дополнении технических средств осуществима реализация сурдоперевода, отображаемого на дополнительном экране или с помощью специальной руки-манипулятора.

В контексте бурного развития систем машинного обучения, генеративных систем, а также систем переноса стилей становится очевидной возможность использования антропоморфного робота не только в рамках формализованных задач, но и в рамках обучения художественным специальностям [9; 10].

Приведенный перечень отражает предложения, разработанные в рамках проведенных исследований [11; 12; 13; 14]. В основе функций, перечисленных выше, находится ряд возможных инноваций. Особенностью предлагаемых направлений развития антропоморфного робота является реализация ряда возможностей, обусловленных особенностями антропоморфных механизмов, отсутствие которых приводит к снижению дидактических возможностей.

Проведенное исследование позволило констатировать более комфортное взаимодействие человека — учащегося и/или учителя — с антропоморфным роботом, чем работа с компьютером. На основе проведенного исследования также были выработаны два предложения.

Первое предложение заключается в том, чтобы предусмотреть возможность реализации различных комплектаций робота на основе единой платформы без каких-либо изменений конструктива (аналогичные технические решения широко известны в промышленности). Предлагается выстроить модульность технической и программной архитектуры робота, позволяющей получить преимущество перед конкурирующими моделями. Это упростит дальнейшую разработку, развитие и модификацию системы.

Второе предложение состоит из двух компонентов, касающихся, соответственно, технической и программной частей. Техническую составляющую можно модернизировать по следующим направлениям:

1. Смещение общего центра тяжести устройства вниз. Такое решение обеспечит большую устойчивость всего робота даже без использования гироскопа.

2. В данном устройстве необходимо добавить еще одну степень свободы в область «шеи» для организации движения в вертикальной плоскости (кивание).

3. Реализация модульности верхних конечностей, а именно возможность использования различных захватов без сложного монтажа.

4. Возможность добавления опциональных датчиков (анализаторы газа, температуры и т. п.) без изменения конструктива.

5. Возможность использования более мощной основной платы, отличной от применяемой в настоящее время Raspberry Pi 3.

Модернизация программных компонентов предполагает следующее:

1. Архитектура программного обеспечения должна быть основана на использовании микросервисов и общей очереди сообщений с системой приоритетов. Это позволит избежать полной деградации системы при пиковых нагрузках или фатальных поломках некоторых компонентов системы.

2. Программное обеспечение робота должно представлять собой надстройку над операционной системой и ее графическим интерфейсом, а также предоставлять возможность устанавливать требуемые компоненты в автоматическом или полуавтоматическом режиме.

3. Применение веб-интерфейса для настройки и управления обеспечивает возможность интеграции программной системы с любыми внешними сервисами. Адаптивный интерфейс предоставляет возможность управления роботом с мобильного устройства, а веб-интерфейс может быть трансформирован в настольное или мобильное приложение. Применение веб-интерфейса позволяет выстроить гетерогенную экосистему управления с возможностью расширения и совершенствования без потери общей функциональности. Робот может находиться в любой точке мира, и при этом нет необходимости использовать компьютер с управляющим программным обеспечением, все необходимое программное обеспечение может быть установлено непосредственно на робота.

Заключение

Проведенное исследование показало практическую возможность эффективного использования антропоморфного робота в образовательном процессе. Предложенные направления развития антропоморфных механизмов позволяют более полно реализовать их возможности в сфере образования, расширить возможности и повысить дидактическую ценность учебно-воспитательного процесса. Вместе с тем становится очевидной необходимость комплексного изучения проблем и возможности применения антропоморфных роботов в образовательном процессе в качестве ассистентов с учетом аспектов психологии, эргономики, экономики, информационной безопасности и других взаимосвязанных направлений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Mason, S. F. (1962). *A History of the Sciences*. New York: Collier Books. 550 p.
2. Ishowo-Oloko, F., Bonnefon, J. F., Soroye, Z., Crandall, J., Rahwan, I., & Rahwan, T. (2019). Behavioural evidence for a transparency — efficiency tradeoff in human-machine cooperation. *Nature Machine Intelligence*, 1, 517–521. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/AK3TF>
3. Kahn, P. H. Jr., Kanda, T., Ishiguro, H., Freier, N. G., Severson, R. L., Gill, B. T., Ruckert, J. H., & Shen, S. (2012). Robovie, you'll have to go into the closet now: Children's social and moral relationships with a humanoid robot. *Developmental Psychology*, 48(2), 303–314. <https://doi.org/10.1037/a0027033>
4. Григорьев, С. Г., Гриншкун, В. В., Реморенко, И. М. (2014). «Умная аудитория» — шаг на пути к интеграции средств информатизации. *Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования»*, 1(27), 16–26.
5. Григорьев, С. Г., Гриншкун, В. В., Реморенко, И. М. (2013). «Умная аудитория» в Институте математики и информатики МГПУ: теория и практика. *Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования»*, 2(26), 8–18.
6. Андрушкова, О. В., Григорьев, С. Г. (2018). *Эмергентное обучение в информационно-образовательной среде*. Москва: Образование и Информатика. 104 с.
7. Деваев, В. М., Сиразетдинов, Р. Т., Фадеев, А. Ю., Хисамутдинов, Р. Э., Кашапов, Н. Ф. (2020). *Образовательно-исследовательский комплекс робот малый антропоморфный (патент RU 2718513 C1)*. Российская Федерация.
8. Сиразетдинов, Р. Т., Фадеев, А. Ю., Хисамутдинов, Р. Э. (2019). Новые технологии образования на основе малоразмерного антропоморфного робота РОМА. *Информатика и образование*, 1(300), 33–39.
9. Львов, А. Ю., Львова, Н. С., Моисеев, А. А. (2022). Мечтают ли художники об электромузе? *Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности*. Сборник трудов по мат-лам XX Международной конференции, XVIII Международного конкурса научных и научно-методических работ, II Международного конкурса «Нейросетевой рисунок» (с. 204–207). Москва: Экон-Информ.
10. Львов, А. Ю., Львова, Н. С. (2022). Сможет ли робот научить рисовать? *Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования»*, 4(62), 83–95.
11. Львов, А. Ю. (2020). Социальный антропоморфный робот — ассистент учителя. *Математика и информатика в образовании и бизнесе*. Сборник материалов Международной научно-практической конференции (с. 331–335). Москва: Aegitas.
12. Львов, А. Ю. (2020). План урока для андроидного робота. *Физика, математика, информатика и инновационные методы обучения*. Материалы Международной студенческой научно-практической конференции (с. 8–11). Минск: Белорусский гос. пед. ун-т.
13. Львов, А. Ю. (2020). Сможет ли антропоморфный робот стать ассистентом учителя? *Актуальные проблемы теории и практики обучения физико-математическим и техническим дисциплинам в современном образовательном пространстве*. Материалы IV Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, посвященной 75-летию факультета физики, математики, информатики Курского государственного университета (с. 385–387). Курск: КГУ.
14. Львов, А. Ю. (2021). Антропоморфный робот в образовании. *ScienceJuice2021*. Сборник статей и тезисов (с. 519–526). Москва: ПАРАДИГМА.

References

1. Mason, S. F. (1962). *A History of the Sciences*. New York: Collier Books. 550 p. (In English).
2. Ishowo-Oloko, F., Bonnefon, J. F., Soroye, Z., Crandall, J., Rahwan, I. & Rahwan, T. (2019). Behavioural evidence for a transparency — efficiency tradeoff in human-machine cooperation. *Nature Machine Intelligence, 1*, 517–521. (In English). <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/AK3TF>
3. Kahn, P. H. Jr., Kanda, T., Ishiguro, H., Freier, N. G., Severson, R. L., Gill, B. T., Ruckert, J. H., & Shen, S. (2012). Robovie, you'll have to go into the closet now: Children's social and moral relationships with a humanoid robot. *Developmental Psychology, 48*(2), 303–314. (In English). <https://doi.org/10.1037/a0027033>
4. Grigoriev, S. G., Grinshkun, V. V., & Remorenko, I. M. (2014). «Smart audience» is a step towards the integration of informatization tools. *MCU Journal of Informatics and Informatization of Education, 1*(27), 16–26. (In Russ.).
5. Grigoriev, S. G., Grinshkun, V. V., & Remorenko, I. M. (2013). «Smart Audience» at the Institute of Mathematics and Computer Science of Moscow State Pedagogical University: theory and practice. *MCU Journal of Informatics and Informatization of Education, 2*(26), 8–18. (In Russ.).
6. Andryushkova, O. V., & Grigoriev, S. G. (2018). *Emergent learning in the information and educational environment*. Moscow: Education and Informatics. 104 p. (In Russ.).
7. Devaev, V. M., Sirazetdinov, R. T., Fadeev, A. Yu., Hisamutdinov, R. E., & Kashapov, N. F. (2020). *Educational and research complex robot small anthropomorphic (patent number: RU 2718513 C1)*. Russian Federation (In Russ.).
8. Sirazetdinov, R. T., Fadeev, A. Yu., & Hisamutdinov, R. E. (2019). New technologies of education based on a small-sized anthropomorphic robot ROMA. *Computer Science and Education, 1*(300), 33–39. (In Russ.).
9. Lvov, A. Yu., Lvova, N. S., & Moiseev, A. A. (2022). Do artists dream of electric music? *Modern information technologies in education, science and industry*. A collection of works on the materials of the XX International Conference, XVIII International competition of scientific and methodological works, II International competition «Neural Network drawing» (pp. 204–207). Moscow: Ekon-Inform. (In Russ.).
10. Lvov, A. Yu., & Lvova, N. S. (2022). Will the robot be able to teach you how to draw? *MCU Journal of Informatics and Informatization of Education, 4*(62), 83–95. (In Russ.).
11. Lvov, A. Yu. (2020). A social anthropomorphic robot teacher's assistant. *Mathematics and computer science in education and business*. A collection of materials of the International scientific and practical conference (p. 331–335). Moscow: Aegitas. (In Russ.).
12. Lvov, A. Yu. (2020). Lesson plan for an android robot. *Physics, mathematics, computer science and innovative teaching methods*. Materials of the International student scientific and practical conference (pp. 8–11). Minsk: Belarusian State Pedagogical University. (In Russ.).
13. Lvov, A. Yu. (2020). Will an anthropomorphic robot be able to become a teacher's assistant? *Actual problems of theory and practice of teaching physics, mathematics and technical disciplines in the modern educational space*. Materials of the IV All-Russian (with international participation) scientific and practical conference dedicated

to the 75th anniversary of the Faculty of Physics, Mathematics, Computer Science of Kursk State University (pp. 385–387). Kursk: KSU. (In Russ.).

14. Lvov, A. Yu. (2021). Anthropomorphic robot in education. *ScienceJuice2021*. Collection of articles and theses (pp. 519–526). Moscow: PARADIGM. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию: 06.02.2023;
одобрена после рецензирования: 13.03.2023;
принята к публикации: 27.03.2023.

The article was submitted: 06.02.2023;
approved after reviewing: 13.03.2023;
accepted for publication: 27.03.2023.

Информация об авторах / Information about authors:

Алексей Юрьевич Львов — аспирант Института цифрового образования, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

Aleksey Yu. Lvov — Postgraduate Student at Institute of Digital Education, Moscow City University, Moscow, Russia.

a@lvovlife.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8953-6132>

Сергей Георгиевич Григорьев — член-корреспондент РАО, доктор технических наук, профессор, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

Sergey G. Grigoriev — Russian Academy of Education corresponding member, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow City University, Moscow, Russia.

grigorsg@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0034-9224>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.