

ЭВОЛЮЦИЯ РОБОТОТЕХНИКИ – ОТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ К АВТОНОМНОМУ АНТРОПОМОРФНОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ

Шухно А. В., Бурак Е. М.

Академия управления при Президенте Республики Беларусь,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Шабанович Р.А. – магистр техн. наук, доцент, заведующий кафедры ИТАС

Аннотация. В работе рассматривается эволюция робототехники: от образовательных конструкторов до автономных систем. Анализируется роль STEM-образования, опыт использования антропоморфного робота FEDOR на МКС и влияние методов машинного обучения, таких как обучение с подкреплением и синтетические симуляции. Показано, как синергия этих направлений стирает грань между машиной и интеллектуальным партнёром.

Ключевые слова: робототехника, STEM-образование, антропоморфные роботы, FEDOR, обучение с подкреплением, симуляции.

Введение. Современная робототехника переживает фундаментальную трансформацию. Она превращается из узкоспециализированной дисциплины в комплексную экосистему. Эта экосистема объединяет образование, космонавтику и передовые методы машинного обучения. Раньше роботы использовались преимущественно для заводов или лабораторий. Теперь они интегрируются в повседневную жизнь, космос и школьные программы.

Основная часть. Робототехника выходит за рамки науки для специалистов. Она становится доступной для широкой аудитории – от школьников до космонавтов. Это эволюция от простых механизмов к сложным системам. В работе рассматривается роль образования в создании базы, применение в космосе для проверки и машинное обучение для повышения интеллекта. Всё это стирает грань между машиной и человеком.

Интерактивные платформы вроде LEGO Mindstorms или отечественного Роббо выходят за рамки простых конструкторов. Они служат базой для формирования STEM-компетенций. STEM охватывает науку, технологии, инженерию и математику. Через практический эксперимент осваиваются алгоритмизация и механика. Это создаёт кадровый резерв для разработки систем принципиально иного уровня. [1]

LEGO Mindstorms включает наборы с моторами, сенсорами и блочным программированием. Устройства собираются для задач вроде следования по линии или реакции на свет. Роббо – российская платформа, адаптированная для школ. Она интегрируется в уроки информатики и оказывается дешевле аналогов.

Ранее программирование оставалось теорией. Теперь практика развивает логическое мышление и понимание взаимодействия робота с окружением. Страны с развитым STEM-образованием, такие как США и Китай, лидируют в робототехнике. В России количество кружков по робототехнике растёт; тысячи участников соревнуются на RoboFest.

Образование обеспечивает доступность робототехники. Без него развитие кадровых ресурсов становится невозможным. Это фундамент для дальнейших достижений.

Примером перехода от теории к сложнейшим прикладным задачам служит проект FEDOR (Final Experimental Demonstration Object Research). Это наиболее узнаваемый российский робот. Успешное испытание антропоморфного робота на МКС подтвердило возможность делегирования машинам критически важных функций в экстремальных условиях. Требуется тонкая моторика и имитация человеческих действий.

FEDOR представляет собой гуманоида с двумя руками и пальцами. Он выполняет стрельбу, езду на самокате и игру в шахматы. В 2017–2019 годах робот прошёл испытания на МКС. Он закручивал болты и использовал инструменты. Космос подразумевает невесомость, радиацию и тесноту, где риски для человека высоки.

Видео испытаний демонстрируют взаимодействие FEDOR с космонавтами. Это не демонстрация, а подтверждение практической ценности. Обучение происходило через телеприсутствие, но сейчас интегрируется ИИ для автономии. Проект FEDOR актуален для космонавтики. На МКС роботы разгружают грузы и мониторят оборудование. В перспективе применение на Луне или Марсе. Без тестов в космосе робототехника ограничилась бы земными условиями.

Конструкция FEDOR включает 28 степеней свободы в руках, аналогично человеческому. Сенсоры в пальцах фиксируют давление для ремонта. Испытания длились месяцы; робот вернулся с данными. Аналоги разрабатываются для Арктики и дальнего космоса. [4]

Главным барьером на пути к естественному движению гуманоидов долгое время оставался «дефицит данных». Традиционный метод Motion Capture слишком дорог и ограничен. Решение в пайплайнах NVIDIA (среда Isaac Gym) знаменует переход к генерации синтетических данных. Motion Capture фиксирует движения актёров в костюмах с маркерами. Данные применяются для обучения роботов ходьбе. Метод требует студии, оборудования и оказывается затратным. Данные ограничены человеческими движениями.

Isaac Gym от NVIDIA создаёт виртуальных роботов для симуляций. Они проходят миллионы падений и учатся вставать за часы на GPU. Синтетические данные реалистичны и позволяют варьировать условия. Статьи NVIDIA описывают обучение робота Atlas в Isaac Gym для улучшения ходьбы. Метод экономичен. Для России он актуален из-за снижения затрат на Мосар.

Проблема Sim-to-Real заключается в расхождении симуляции и реальности. Domain Randomization меняет параметры симуляции для адаптации. Это революционизирует движение гуманоидов, обеспечивая бег и прыжки вместо шатания.

На данный момент наблюдается отказ от жесткого детерминированного программирования в пользу глубокого обучения с подкреплением (Reinforcement Learning). Благодаря Sim-to-Real роботы обучаются в виртуальных мирах, совершая миллионы итераций за часы. Это даёт физическую устойчивость и адаптивность, недоступные при ручном кодировании. Детерминированное программирование использует if-then правила. В изменяющихся условиях оно неэффективно. RL подразумевает пробу действий с наградами или штрафами.

Симуляторы Isaac Gym и MuJoCo позволяют проходить миллиарды шагов. Перенос в реальность работает для задач вроде прыжков через препятствия у робота ANYmal. Аналогия с обучением ребёнка подчёркивает автономию. В космосе это критично для непредсказуемости. В России RL применяется в FEDOR 2.0 для хватания объектов. Открытые библиотеки OpenAI (Gym, Stable Baselines) доступны для экспериментов. [5]

Синергия доступного образования и высокотехнологичных симуляций стирает грань между искусственной машиной и естественным поведением. Это подготавливает почву для интеграции роботов в человеческую среду. Образование формирует кадры, симуляции развивают навыки, космос проверяет. Школьные конструкторы ведут к студенческим моделям RL и космическим тестам. Роботы переходят от слуг к партнёрам. Роботы уже помогают хирургам, водят в пробках и исследуют планеты. Вызовы включают этику и безопасность, но прогресс продолжается.

Заключение. Подводя итог, современная робототехника стоит на пороге новой эры. Робот перестаёт быть исполнительным механизмом и становится интеллектуальным партнёром. Путь от школьных конструкторов ведёт к системам для открытого космоса и цифровых симуляций. Переход к синтетическому обучению – качественный скачок. Роботы учатся «быть», а не просто выполнять команды. Будущее – в симбиозе человеческого видения и машинной мощности. Робототехника отражает стремление к совершенству и познанию.

Список литературы

1. Habr. Роботы и ИИ: как современные системы осваивают новые навыки [Электронный ресурс] // Habr. – 2024. – URL: <https://habr.com/ru/articles/958020/>
2. Ferra.ru. Роботы смогли быстрее обучиться новым навыкам [Электронный ресурс] // Ferra.ru: Технологии и жизнь. – 2024. – URL: <https://www.ferra.ru/news/techlife/roboty-smogli-bystrye-obuchitsya-novym-navykam-17-06-2024.htm>
3. NVIDIA Developer. Building a Synthetic Motion Generation Pipeline for Humanoid Robot Learning [Электронный ресурс] // NVIDIA Technical Blog. – 2024. – URL: <https://developer.nvidia.com/blog/building-a-synthetic-motion-generation-pipeline-for-humanoid-robot-learning/>
4. Роскосмос. Федор: антропоморфный робот на МКС. Отчёт о миссии. 2019. URL: <https://www.roscosmos.ru/>
5. NVIDIA. Isaac Gym: High-Performance Reinforcement Learning. Технический отчёт. 2021. URL: <https://developer.nvidia.com/isaac-gym>
6. Sutton R. S., Barto A. G. Reinforcement Learning: An Introduction. 2nd ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2018. 552 p. ISBN 978-0262039246.

UDC 608.1

**THE EVOLUTION OF ROBOTICS: FROM EDUCATIONAL MODELS
TO AUTONOMOUS ANTHROPOMORPHIC INTELLIGENCE**

Shukhno A. V., Burak E. M.

*Academy of Public Administration under the President of the Republic of Belarus,
Minsk, Belarus*

Shabanovich R. A. – Mast. of Tech. Sci.

Annotation. The paper examines the evolution of robotics: from educational construction kits to autonomous systems. It analyzes the role of STEM education, the experience of using the anthropomorphic robot FEDOR on the ISS, and the impact of machine learning methods such as reinforcement learning and synthetic simulations. It is shown how the synergy of these directions blurs the line between a machine and an intelligent partner.

Keywords: robotics, STEM education, anthropomorphic robots, FEDOR, reinforcement learning, simulations.