

ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Секу Абдель Кадер Диане

Обучение и социальная интеграция автономных роботов на основе применения современных когнитивных технологий

Диане Секу Абдель Кадер – кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Институт проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова. Российская Федерация, 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 65; e-mail: sekoudiane1990@gmail.com

Появление интеллектуальных автономных роботов в результате конвергенции научных и технических знаний из биологии, информатики, когнитивной науки, физики, материаловедения и десятков других наук, включая социально-гуманитарное знание, стало непосредственной реакцией человечества как сложной самоорганизующейся системы на вызовы внешней среды и обусловленную ими потребность в непрерывном развитии и поддержании собственной жизнеспособности. Стремительное проникновение технологий искусственного интеллекта в жизнь общества обуславливает необходимость в осмыслении научных методов, относящихся к повышению автономности и интеллектуальности робототехнических систем. В статье рассмотрены проблемы организации целесообразного поведения роботов. Перечислены основные требования к обеспечению их автономности. Рассмотрены методологические основы машинного обучения в задачах обработки сенсорной информации и синтеза целесообразных управляющих процедур. В частности, затронуты проблемы построения моделей мышления и описаны перспективные нейросетевые технологии, применение которых позволяет реализовать на базе автономных роботов целый ряд мыслительных функций, ранее присущих лишь человеку. Отдельное внимание уделено эпистемологическим аспектам социальной интеграции автономных роботов, что важно как с позиции повышения эффективности их обучения, так и с точки зрения бесконфликтного сосуществования человека и техники. Подчеркнута значимость социальной интеграции роботов в контексте процессов эволюционного развития ноосферы. Дана оценка перспектив развития и возможного социального эффекта от внедрения интеллектуальных автономных роботов в различных сферах общественной жизни.

Ключевые слова: автономные роботы, машинное обучение, когнитивные технологии, социальная интеграция роботов, эволюция

Проблема организации целесообразного поведения автономных роботов

Стремительное развитие робототехники, начиная с середины XX века, было обусловлено ростом потребностей в автоматизации производства. Роботы превосходят человека по скорости, качеству и количеству выполняе-

мых технологических операций. Но, несмотря на очевидные успехи робототехники в области промышленности, широкомасштабное внедрение роботов в повседневную жизнь людей до сих пор затруднено. Основной причиной тому служит недостаток в автономности опытных и серийно выпускаемых образцов робототехнических систем.

Автономность роботов и, следовательно, пригодность их использования в привычной для человека среде, равно как и в экстремальных средах при решении широкого круга прикладных задач, с учетом существующих пространственных, временных, информационных и энергетических ограничений, складывается из трех основных компонентов.

Во-первых, в зависимости от решаемой прикладной задачи роботы должны обладать определенным сочетанием массогабаритных и конструктивных параметров, а также развитым аппаратным обеспечением, включающим мощные двигатели и высокоточные сенсоры для восприятия первичной информации о внешней среде. Так, до недавнего времени акцент в разработке мобильных роботов различного назначения был смещен в сторону применения колесных платформ, однако в последнее время пристальное внимание мирового научного сообщества привлечено к шагающим робототехническим конструкциям [Cully et al., 2014, p. 1] и мультироторным летательным аппаратам [Hehn, D'Andrea, 2011, p. 1485], обладающим на порядок большими возможностями по перемещению в пространстве.

Во-вторых, организация целесообразного поведения автономных роботов немислима без интеллектуальной информационно-управляющей системы, решающей задачи анализа внешней обстановки, а также выработки команд для осуществления движения робота и манипулирования расположенными поблизости объектами [Макаров, Лохин, 2001, с. 5].

И, наконец, в-третьих, важной составляющей автономности робототехнической системы является наличие достаточного запаса энергоресурса. В сравнении с человеком современные роботы по данному критерию в большинстве случаев проигрывают. Так, человек способен обходиться без еды до нескольких суток, восстанавливая свою работоспособность за считанные минуты после приема пищи. В то же время аккумуляторные батареи роботов, сравнимых по размеру с человеком, обеспечивают бесперебойную работу лишь в течение нескольких часов и значительно отстают от человека по времени восстановления заряда.

Первая и третья составляющие безусловно необходимы, но их решение лежит в инженерной плоскости и вполне может быть достигнуто на текущем уровне развития техники. Вторая же компонента носит многоаспектный характер и является объектом непрекращающихся научных исследований. В то же время она имеет определяющее значение для создания автономных роботов так же, как и наличие центральной нервной системы у живых существ. Лишь заложив в систему управления алгоритмы, воспроизводящие мыслительные функции человека [Финн, 2011, с. 16], можно достигнуть полноценной социальной интеграции автономных роботов [Лекторский, Кудж, Никитина, 2014, с. 6; Чернавская и др., 2012, с. 25; Алексеева, Никитина, 2016, с. 77].

Современные методы и задачи машинного обучения

По существу, на сегодняшний день достижение уровня когнитивных способностей человека для интеллектуальных роботов остается невозможным. С одной стороны, это связано с недостаточной вычислительной мощностью существующих бортовых ЭВМ, а с другой стороны – с трудоемкостью процесса формализации знаний об отличительных признаках большого количества объектов и ситуаций функционирования, с которыми сталкивается робот.

Упрощение и повышение эффективности процесса формирования новых знаний в информационно-измерительных системах автономных роботов должно основываться на применении современных методов машинного обучения [Рутковская, Пилиньский, Рутковский, 2006, с. 12; Осипов, 2012, с. 7; Жданов, 2008, с. 16]. Все многообразие данных методов можно категоризировать с применением, по меньшей мере, шести независимых классификационных шкал.

1. По способу организации обучения различают методы формирования знаний в отложенном режиме и в режиме реального времени. Адаптивные свойства роботов, обучаемых в реальном времени, значительно выше, поскольку формирование знаний производится на наиболее релевантных данных, с учетом закономерностей, действующих в среде функционирования и происходящих в ней изменений.

2. По форме участия автономного робота в процессе обучения разделяют активную и пассивную формы данного процесса. При активном обучении робототехническая система может отклоняться от выполнения основной прикладной задачи и выполнять действия, направленные на сбор информации об окружающей среде. При этом кратковременное отклонение от целевой установки компенсируется повышением эффективности принятия управляющих решений в долговременной перспективе. Пассивное же обучение производится на основе данных, полученных в ходе штатной эксплуатации системы управления. Данный подход повышает надежность системы, но скорость приобретения знаний, необходимых для решения прикладной задачи, существенно снижается.

3. Тип выявляемых в процессе обучения знаний также может различаться. Информация, накапливаемая в процессе функционирования робота, может быть преобразована в знания как об объектах среды, так и о закономерностях, которые описывают их поведение и взаимодействие. По результатам обобщения полученных знаний может быть сформирована интегрированная модель внешней среды [Лохин, Манько, Диане, 2015, с. 177], позволяющая выполнять целый ряд когнитивных функций, включая классификацию объектов, прогноз развития обстановки, планирование действий, синтез новой информации. Конечной же целью процесса обучения является синтез правил управления исполнительными подсистемами робота в тех или иных ситуациях с учетом неопределенностей внешней среды.

4. По степени автоматизации методы обучения подразделяются на обучение с учителем, обучение без учителя, обучение с автоматизированным учителем и обучение с подкреплением. Первый из перечисленных способов обладает наибольшей скоростью формирования знаний при условии наличия человека-эксперта, способного задать соответствия между входными образа-

ми и требуемой реакцией обучаемой системы. Однако последние три способа позволяют решить задачу обучения с меньшими затратами труда и зачастую более качественно путем непосредственного наблюдения робота за особенностями внешней среды.

5. Среди эффективных средств представления знаний следует отметить технологии экспертных систем, ассоциативной памяти, нечеткой логики, нейронных сетей. При этом процесс формирования знаний сводится к математической задаче, связанной с дискретной или непрерывной оптимизацией параметров выбранной когнитивной структуры по одному или нескольким критериям.

6. Наиболее распространенные технологии обучения информационно-управляющих систем автономных роботов включают градиентные и эволюционные методы оптимизации вектора искомых параметров, методы кластеризации, алгоритмы автоматического построения деревьев принятия решений (по прецедентам). Следует отметить, что в эргатических и мультиагентных информационно-управляющих системах обучение может происходить посредством демонстрации или прямого обмена знаниями через человеко-машинный или межмашинный интерфейс.

Возможно было бы ввести разделение задач машинного обучения по формату представления входных данных (визуальные, тактильные, звуковые, семантические и др. образы). Однако в этом нет большой необходимости, поскольку сенсорная информация, независимо от своей природы, может быть единообразно представлена в векторно-матричном формате, совместимом с перечисленными выше методами формирования знаний.

Перспективы повышения когнитивных возможностей робототехнических систем

Следует различать проблемы обучения в задачах обработки разнородной сенсорной информации и обучения в задачах управления исполнительными устройствами робота. Результатом первого процесса являются декларативные знания о характерных признаках и возможных изменениях объектов, явлений или же ситуации функционирования робота в целом. Второй же процесс формирует знания о правилах целесообразного поведения робота в зависимости от распознанной или прогнозируемой ситуации.

Вполне очевидно, что описанные два процесса взаимосвязаны: чем подробнее база знаний робота об окружающей среде, тем более взвешенные решения он сможет принимать в ходе синтеза и оценки эффективности новых управляющих процедур. И наоборот, способность к формированию новых движений ведет к расширению возможностей робота по активному изучению среды функционирования, включая слежение за объектами целевого интереса, исследование их механических и физико-химических свойств при помощи бортовых манипуляционных устройств и измерительной аппаратуры. При этом обучение системы управления роботом коренным образом отличается от адаптации или параметрической подстройки уже сформированных управляющих и информационно-аналитических процедур. Адаптация в данном случае обеспечивает повышение их эффектив-

ности в некотором допустимом диапазоне условий функционирования, но не позволяет приобрести знания, охватывающие весь перечень возможных, в том числе непредвиденных, ситуаций.

В робототехнических системах мощнейшим средством сбора информации о внешней среде, безусловно, являются видеокамеры. Неудивительно, что усилия огромного количества разработчиков в области машинного обучения сконцентрированы в области интеллектуальной обработки растровых изображений. Универсальность растрового формата представления информации позволяет обобщать существующие методы анализа изображений на широкий класс других образов, получаемых с использованием дальнометрических, тактильных и иных типов датчиков. В частности, звуковые сигналы также могут быть представлены в виде растра за счет перевода фонограммы в частотно-временную плоскость.

В последние годы широкое распространение получили нейросетевые системы технического зрения, обучаемые с учителем на основе предварительно подготовленной выборки обучающих изображений для решения задач классификации образов различной природы. На повестку дня сейчас выносятся вопросы, связанные с разработкой средств автоматического накопления эталонных изображений объектов на основе биоинспирированных механизмов внимания. Подобные технологии базируются на обнаружении областей перепада оттенка, контраста, степени удаленности от точки наблюдения, скорости движения объекта в кадре и т. д. Концентрация вычислительных ресурсов автономного робота на поиске незнакомых прежде визуальных образов позволяет запечатлеть и сохранить их основные признаки для последующего использования при идентификации схожих объектов [Titsias, 2005, p. 2].

О планомерном развитии биоинспирированных технологий машинного обучения свидетельствует наличие целого ряда нейросетевых архитектур, моделирующих отдельные мыслительные функции человека. Так, общепризнано, что задачу распознавания сложных визуальных образов наилучшим образом решают сверточные нейронные сети, воспроизводящие структуру зрительной коры мозга человека [Redmon, Angelova, 2014, p. 1]. Нижние слои подобных сетей выделяют ключевые признаки визуальных образов, в частности небольшие отрезки линий, наклоненных под разным углом и области перепада контраста. По мере продвижения к верхним слоям сверточной нейронной сети детектируемые признаки усложняются, заменяясь сложными геометрическими фигурами, участками текстуры или же конкретными очертаниями классифицируемых объектов.

В то же время другая архитектура – рекуррентные нейронные сети – позволяет моделировать восприятие темпоральных последовательностей образов и осуществлять прогноз трансформаций наблюдаемых изображений. Эти трансформации не всегда сводятся к движению объектов, расположенных в кадре. Их результат может проявляться в изменении степени освещенности рабочей обстановки, в смене ракурса наблюдения и в целом ряде других явлений, обусловленных природой анализируемого образа, влиянием внешней среды или характером взаимодействия робота с объектами рабочей обстановки.

Особенный интерес представляет возможность прогнозирования потенциальных изменений во внешней обстановке под влиянием управляющих воздействий, синтезируемых роботом. Данная возможность, безусловно, присущая и че-

ловеку, позволила бы на борту автономного робота организовать целенаправленный поиск и оценку различных управляющих решений с окончательным выбором того варианта, который максимизировал бы ожидаемый успех выполнения поставленной задачи. Более того, при таком подходе непрерывное накопление базы видеок кадров с учетом уже совершенных роботом действий дает основание для организации его самостоятельного обучения без участия человека. Результатом обучения в данном случае является прогнозирующая модель для оценки реакции внешней среды на действия робота [Oh et al., 2015, p. 1; Акран, 2011, p. 177].

Специфика рекуррентных нейронных сетей такова, что они могут обрабатывать поступающую информацию в контексте предыдущих наблюдений, а современные архитектуры [Sutskever, Vinyals, Le 2011, p. 1] нейронных сетей данного типа позволяют обучить нейронную сеть взаимодействию с внешними носителями информации, реализующими долгосрочную память. В такой памяти могут храниться пертинентные данные произведенных наблюдений и промежуточных расчетов. Подобная функциональная возможность послужила конструктивной основой для разработки так называемых нейронных машин Тьюринга, выполняющих еще одну мыслительную функцию человека – способность синтезировать универсальный алгоритм решения некоторых задач по множеству обучающих примеров [Graves, Wayne, Danihelka, 2014, p. 1].

И, наконец, сверточные нейронные сети могут быть модифицированы для расчета в направлении, противоположном изначальному. Другими словами, они могут осуществить декодирование высокоуровневых признаков в растровое представление во входном слое нейронной сети [Диане, 2014, с. 47].

Но, по большому счету, замыкание трех перечисленных мыслительных функций в единый контур дает возможность организовать нейросетевую модель мышления, которая, вероятно, не претендует на полноту функциональных возможностей, присущих человеку, но тем не менее обладает очевидной целостностью. На первом этапе информация, воспринимаемая из внешнего мира, переводится из первичной сенсорной формы в высокоуровневое семантическое представление. На втором этапе происходит предиктивное, ассоциативное или же алгоритмическое преобразование семантической информации. На третьем этапе результаты преобразования визуализируются, снова переходя в формат первичных сенсорных данных и управляющих команд. Таким образом, цикл мышления замыкается и может повторяться сколь угодно долго.

Следует отметить, что планомерное развитие нейроинформатики в скором времени позволит сместить акцент робототехнических исследований и разработок от решения частных прикладных задач к построению универсальных информационно-управляющих систем. База знаний подобных систем будет основываться на семантической модели внешней среды, включающей информацию о типах, характеристиках и взаимосвязях между объектами, обнаруженными как в рамках текущей технологической операции, так и в масштабе всего опыта, накопленного системой [Рожнов, Лобанов, 2016, с. 304].

В свою очередь, семантический анализ среды функционирования робота является плацдармом для реализации таких когнитивных возможностей, как распознавание сложных визуальных сцен, выявление логических закономерностей и прогноз событий, проведение аналогий, образное мышление, синтез речи, восприятие голосовых команд и т. д.

Безусловно, нейросетевое кодирование информации во многом избыточно. Но интеллектуальная система управления автономным роботом по природе своей должна обладать избыточностью [Чечкин, 1998, с. 63]. Потребность в компенсации неопределенностей внешней среды приводит к необходимости хранения в базе знаний даже тех редких ситуаций функционирования робота, которые тем не менее оказывают критическое влияние на достижение поставленной цели.

Избыточность информационно-управляющей подсистемы помимо всего прочего определяет и ее универсальность, пригодность к эксплуатации на конструктивно различных платформах. Так, например, у животных центральная нервная система демонстрирует удивительные возможности по управлению движением самых разных бионических структур, переобучаясь при изменении габаритов, частичной потере работоспособности или же при расширении функционала живого существа за счет использования доступных ему инструментов и приспособлений. Схожим образом информационно-измерительные системы роботов, обучаемые в автоматическом режиме на актуальных данных о внешней среде, будут обладать повышенной надежностью и удобством эксплуатации при решении целого ряда задач промышленности, сельского хозяйства, транспортной сферы, строительства, в рамках бытового применения и т. д.

Подобная преемственность функциональных возможностей, наблюдаемая при переходе от животных и человека к искусственным системам, не случайна. Закономерное усложнение форм жизни с течением времени на количественном и качественном уровне было подмечено целым рядом мыслителей, включая Ч. Дарвина, Д. Дана, Д. Ле-Конта, В.И. Вернадского.

Согласно Вернадскому биосфера под влиянием человеческого труда преобразуется в ноосферу [Вернадский, 1991, с. 48]. Но с течением времени этот эволюционный процесс не останавливается и не замедляется. И если прежде человеческий труд рассматривался как основной фактор в развитии ноосферы, то распространение автономных роботов выступает в роли новой, потенциально более мощной движущей силы в трансформации окружающей среды.

Эпистемологические аспекты социальной интеграции интеллектуальной робототехники

Перспективы внедрения автономных роботов можно рассматривать не только в рамках упомянутой выше эволюционистской концепции, но и с позиций социальной эпистемологии. Ведь, по существу, развитие робототехники – это рефлексивный процесс, направленный на понимание и расширение собственных возможностей человечества и гарантирующий сохранение его жизнеспособности и дальнейшее развитие в планетарном масштабе [Никитина, 2015, с. 22].

В краткосрочной же перспективе обсуждение аспектов социальной интеграции автономных роботов наиболее интересно с позиций обеспечения их адекватного поведения в среде людей. Решение данной проблемы связано прежде всего с ответом на вопросы о том, какие знания должны быть заложены изначально в технические устройства подобного рода и каким образом эти знания должны формироваться на этапе автономного функционирования роботов.

При ответе на первый вопрос следует различать знания, которые используются, по меньшей мере, на трех уровнях интеллектуального управления [Макаров, 2001, с. 36].

Так, на исполнительном уровне информационно-управляющей системы требуются знания по отработке базовых движений с учетом активной адаптации к условиям среды функционирования. Знания эти закладываются преимущественно на этапе разработки точно так же, как и безусловные рефлексы живых существ уже сформированы к моменту рождения.

Знания тактического уровня определяют последовательность переключений между процедурами исполнительной подсистемы в целях выполнения небольших подзадач, стоящих перед роботом. С учетом того, что задач этих значительно больше, чем базовых управляющих процедур, их приобретение в априорно неизвестной среде должно достигаться в основном за счет механизмов машинного обучения, перечисленных выше.

И, наконец, знания стратегического уровня, обеспечивающие возможность планирования многоэтапных сценариев поведения робота, должны основываться как на результатах самостоятельного обучения системы, так и на опыте эксперта. Именно на этом уровне должны закладываться широко известные три закона робототехники А. Азимова, регламентирующие поведение робота по отношению к человеку.

Второй вопрос, относящийся к пополнению базы знаний, столь же важен с позиций социальной интеграции автономных роботов, как и первый. Он подразумевает организацию условий для обучения роботов распознаванию огромного количества визуальных, звуковых и иных образов, а также действий и намерений людей, ситуаций взаимодействия в коллективе, речевых и невербальных способов общения, которые слабо поддаются математической или алгоритмической формализации.

Перспективным подходом к решению задачи пополнения базы знаний является обучение с показом. Так, уже сейчас проводятся исследования, направленные на нейросетевое обучение роботов этапам выполнения технологических операций по видеофрагментам с примером решения требуемой задачи [Simonyan, Zisserman, 2014, p. 1]. Впечатляющие результаты получены и в проблеме лингвистического описания содержимого изображений [Karpathy, Fei-Fei, 2015, p. 1], решение которой также основано на использовании сверточных и рекуррентных нейронных сетей, обучаемых на промаркированных примерах.

Таким образом, вопрос обучения роботов на готовых наборах данных представляется решенным, но вместе с тем возникает потребность в накоплении достаточного количества обучающих примеров. Решение данной задачи возможно за счет оснащения некоторых людей портативными многомодальными регистраторами обстановки, способными агрегировать визуальную, звуковую, проприоцептивную и иную информацию о наблюдаемых жизненных ситуациях.

Альтернативный вариант видится в развитии бытовой робототехники. Когда роботы станут неотъемлемой составляющей домашней обстановки, функцию сбора и накопления релевантной информации они смогут выполнять самостоятельно. Следует отметить, что уже сейчас, благодаря развитию сети Интернет, в открытом доступе находится огромное количество информации. И она вполне успешно применяется для настройки нейронных сетей в задачах

семантического анализа текста и распознавания визуальных образов. Основное затруднение заключается в разрозненности интеллектуальных систем, реализующих лишь отдельные когнитивные функции, но не всю совокупность мыслительной деятельности.

Не менее существенно и то, что многочисленность и разнообразие прикладных задач, подлежащих автоматизации на базе интеллектуальных систем нового поколения, обуславливают потребность в развитии научных методов, которые относятся не только к обучению автономных роботов распознаванию информации, но также к синтезу движений и в том числе поиску алгоритмов целесообразного поведения. На смену простым в управлении колесным роботизированным платформам приходят бионические, антропоморфные, летательные роботы, многократно превосходящие своих предшественников по набору функциональных возможностей. При этом резко возрастает сложность составления исчерпывающего перечня правил для описания поведения подобных систем. Разумной альтернативой представляется применение эволюционных методов синтеза управляющих процедур, которые обеспечивают автоматизацию и универсальный характер процесса обучения робота.

Чрезвычайно важно, что однажды настроенная информационно-управляющая система робота может быть многократно растажирована. Таким образом, фактически отпадает необходимость обучения каждого последующего робота базовым навыкам поведения в обществе.

Потенциальными преимуществами роботов перед человеком в подобной ситуации могут стать более высокая скорость приобретения знаний, большие объемы усваиваемой информации, возможность удаленной кооперации и непрерывного обмена опытом. Последняя из перечисленных возможностей относится как к ограниченным по численности робототехническим группировкам [Лохин и др., 2015, с. 545], так и к территориально распределенным инфокоммуникационным системам в контексте технологий интернета вещей и всемирного мозга, возникающих на базе интеллектуальных компьютерных сетей [Редько, 2003, с. 8].

Интеллектуальные роботы и общество

Социальная интеграция роботов – сложный и многогранный процесс, который оказывает преимущественно положительное воздействие на социальную, экономическую, духовную и политическую сферы общества [Алексеева, Никитина, 2016, с. 77].

Наиболее существенный социальный эффект от повышения когнитивных возможностей робототехнических систем отчетливо проявляется в освобождении людей от опасной, тяжелой или рутинной работы. Нет сомнения и в том, что применение интеллектуальных роботов позволит достичь нового уровня жизни человека за счет повышения качества здравоохранения и образования, коммунальных и бытовых услуг.

Планомерное замещение рабочей силы в основных отраслях промышленности и народного хозяйства интеллектуальными роботами создает предпосылки для дезурбанизации современных городов. Автономные домохозяйства,

основанные на применении интеллектуальных роботов, способны снизить социально-экономический и демографический разрыв внутри государств с высокой административной и инфраструктурной централизацией. Появляется возможность устранить дисбаланс в трудовой активности и уровне дохода населения по регионам. Решение данной проблемы на новой технологической основе повлечет за собой устранение смежных проблем ухудшения экологии и перенаселения в крупных городах.

Растущие темпы разработки робототехнических систем различного типа и назначения обуславливают увеличение их общей численности, что создает объективную возможность их объединения в многоагентные робототехнические системы. Подобные системы обладают повышенной эффективностью и надежностью при решении промышленных, транспортно-логистических, коммунальных и других задач. А в ряде случаев за счет кооперации между роботами многоагентные системы могут проявлять эмерджентные свойства, дающие значительный экономический эффект.

С распространением автономных роботов свое развитие получит и духовная сфера жизни общества. Позитивные технологические и социально-экономические преобразования приведут к оптимизации трудовой деятельности, решая тем самым проблему «отчуждения труда» [Фромм, 1992, с. 375]. Освободившееся же время, прежде затрачиваемое человеком на отчужденный труд, потенциально может быть перенаправлено на творческую деятельность.

Вместе с тем не исключено, что роботы однажды смогут наравне с людьми стать субъектами культуры. Уже сегодня существуют роботы, способные имитировать живопись и синтезировать музыку. Не меньшим спросом у публики пользуются всевозможные шоу и театральные постановки на базе коллективов робототехнических систем. Со временем следует ожидать также появления оригинальных научных результатов, основанных на использовании расширенных функциональных возможностей интеллектуальных роботов по восприятию и воздействию на объекты исследования.

Наиболее сложен прогноз политического аспекта в анализе влияния социальной интеграции интеллектуальной робототехники на жизнь людей. Маловероятно, что общество пожелает испытывать подобное влияние, жертвуя свободой выбора в решении значимых вопросов. Гораздо более насущной является потребность общества в инструментах интеллектуальной поддержки принятия политических решений, что вполне реализуемо на базе специализированных инфокоммуникационных систем.

И все же нельзя упускать из виду, что бесконтрольное развитие и внедрение автономных роботов может привести к таким проблемам, как рост безработицы, загрязнение окружающей среды, проявления агрессии роботов по отношению к человеку. В данной связи остро встают вопросы о правовых ограничениях, накладываемых на применение автономных роботов, о требованиях к предельно допустимым техническим характеристикам подобных устройств, о средствах диагностики и мерах по сдерживанию их потенциально опасного поведения. Решение данных вопросов видится в организации социально-гуманитарной экспертизы научно-технологических проектов, которая позволит органично включить технику в жизнедеятельность общества и культуру.

Список литературы

- Алексеева, Никитина, 2016 – *Алексеева И.Ю., Никитина Е.А.* Интеллект и технологии. М.: Проспект, 2016. 96 с.
- Вернадский, 1991 – *Вернадский В.И.* Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1991. 271 с.
- Диане, 2014 – *Диане С.А.К.* Распознавание и генерация образов в нейронной сети с иерархической связностью // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* 2014. № 1. С. 47–57.
- Жданов, 2008 – *Жданов А.А.* Автономный искусственный интеллект. М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. 359 с.
- Лекторский, Кудж, Никитина, 2014 – *Лекторский В.А., Кудж С.А., Никитина Е.А.* Эпистемология, наука, жизненный мир человека // *Рос. технол. журн.* 2014. № 2 (3). С. 1–12.
- Лохин и др., 2015 – *Лохин В.М., Манько С.В., Александрова Р.И., Диане С.А.К., Панин А.С.* Механизмы интеллектуальных обратных связей, обработки знаний и самообучения в системах управления автономными роботами и мультиагентными робототехническими группировками // *Мехатроника, автоматизация, управление.* 2015. Т. 16. № 8. С. 545–555.
- Лохин, Манько, Диане, 2015 – *Лохин В.М., Манько С.В., Диане С.А.К.* Принципы построения модели среды в интеллектуальных системах управления автономными роботами и мультиагентными робототехническими группировками // *Материалы 8-й Всерос. мультikonф.: в 3 т. Т. 2.* Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2015. С. 177–181.
- Макаров, Лохин, 2001 – *Интеллектуальные системы автоматического управления / Под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина.* М.: Физматлит, 2001. 576 с.
- Никитина, 2015 – *Никитина Е.А.* Проблема субъекта познания в современной эпистемологии // *Перспективы науки и образования.* 2015. № 2 (14). С. 16–24.
- Никитина, 2017 – *Никитина Е.А.* Философско-методологические проблемы развития интеллектуальной робототехники // *Философия искусственного интеллекта. Материалы Всерос. междисциплинар. конф., посвящ. шестидесятилетию исслед. искусств. интеллекта (17–18 марта 2016 г., филос. фак. МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва) / Под ред. В.А. Лекторского, Д.И. Дубровского, А.Ю. Алексеева.* М.: ИИнтелЛЛ, 2017. С. 257–267.
- Осипов, 2011 – *Осипов Г.С.* Методы искусственного интеллекта. М.: Физматлит, 2011. 295 с.
- Редько, 2003 – *Редько В.Г.* Проблемы интеллектуального управления – общесистемные, эволюционные и нейросетевые аспекты // *Научно-техн. конф. «Нейроинформатика–2002».* М.: МИФИ, 2003. С. 8–39.
- Рожнов, Лобанов, 2016 – *Рожнов А.В., Лобанов И.А.* Стратифицированная модель единого информационно-управляющего поля для формализации особенностей переключения режимов управления смешанными группами пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов // *Материалы 13-й Международ. конф. «Устойчивость и колебания нелинейных систем управления».* М.: ИПУ РАН, 2016. С. 304–307.
- Рутковская, Пилиньский, Рутковский, 2006 – *Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Пер. с польск. И.Д. Рудинского. М.: Горячая линия–Телеком, 2006. 452 с.
- Финн, 2011 – *Финн В.К.* Искусственный интеллект: Методология, применения, философия. М.: URSS, 2011. 448 с.
- Фромм, 1992 – *Фромм Э.* Марксова концепция человека // *Душа человека.* М.: Республика, 1992. С. 375–414.
- Чернавская и др., 2012 – *Чернавская О.Д., Чернавский Д.С., Карп В.П., Никитин А.П., Рожило Я.А.* Процесс мышления в контексте динамической теории информации. Ч. 1: Цели и задачи мышления // *Сложные системы.* 2012. № 1 (2). С. 25–41.

- Чечкин, 1998 – *Чечкин А.В.* Принципы и методы математического моделирования интеллектуальных систем // Интеллектуальные системы. 1998. Т. 3. Вып. 1/2. С. 63–83.
- Акрап, Hassapis, 2011 – *Акрап V.A., Hassapis G.D.* Nonlinear model identification and adaptive model predictive control using neural networks // ISA Transactions. 2011. 50(2). P. 177–194.
- Cully et al., 2014 – *Cully A., Clune J., Tarapore D., Mouret J.B.* Robots that can adapt like animals. 2014. URL: <https://arxiv.org/abs/1407.3501> (дата обращения: 10.07.2018).
- Graves, Wayne, Danihelka, 2014 – *Graves A., Wayne G., Danihelk I.* Neural Turing Machines. 2014. URL: <https://arxiv.org/pdf/1410.5401.pdf> (дата обращения: 10.07.2018).
- Hehn, D'Andrea, 2011 – *Hehn M., D'Andrea R.* Quadcopter Trajectory Generation and Control // IFAC World Congress. 2011. Vol. 18. P. 1485–1491.
- Karpathy, Fei-Fei, 2015 – *Karpathy A., Fei-Fei L.* Deep Visual-Semantic Alignments for Generating Image Descriptions // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2015. P. 3128–3137.
- Oh et al., 2015 – *Oh J, Guo X., Lee H., Lewis R., Singh S.* Action-Conditional Video Prediction using Deep Networks in Atari Games. 2015. URL: <https://arxiv.org/pdf/1507.08750.pdf> (дата обращения: 10.07.2018).
- Redmon, Angelova, 2014 – *Redmon J., Angelova A.* Real-Time Grasp Detection Using Convolutional Neural Networks. 2014. URL: https://pjreddie.com/media/files/papers/grasp_detection.pdf (дата обращения: 10.07.2018).
- Simonyan, Zisserman, 2014 – *Simonyan K., Zisserman A.* Two-Stream Convolutional Networks for Action Recognition in Videos. 2014. URL: <https://arxiv.org/abs/1406.2199> (дата обращения: 10.07.2018).
- Sutskever, Vinyals, Le, 2014 – *Sutskever I., Vinyals O., Le Q.V.* Sequence to Sequence Learning with Neural Networks. 2014. URL: <https://arxiv.org/abs/1409.3215> (дата обращения: 10.07.2018).
- Titsias, 2005 – *Titsias M.K.* Unsupervised Learning of Multiple Objects in Images. PhD thesis. UK: University of Edinburgh, 2005.

Autonomous robots learning and social integration on the basis of modern cognitive technologies

Sekou Abdel Kader Diane

Institute of Control Sciences of RAS. 65 Profsoyuznaya Str., Moscow, 117997, Russian Federation;
e-mail: sekoudiane1990@gmail.com

The emergence of intelligent autonomous robots as a result of the convergence of scientific and technical knowledge from biology, computer science, cognitive science, physics, materials science and dozens of other sciences, including social and humanitarian knowledge, was an immediate reaction of humanity as a complex self-organizing system to the challenges of the external environment and hence the rising need for continuous development and maintenance of its own viability. The rapid penetration of artificial intelligence technologies in the life of society, causes the need for understanding of scientific methods related to increasing the autonomy and intelligence of robotic systems. The article deals with the problems of the organization of appropriate behavior of robots. The basic requirements to ensure their autonomy are listed. The methodological basis of machine learning is discussed in the problems of processing sensory information and the synthesis of appropriate control procedures. In particular, the problems of constructing models of thinking are described as well as promising neural network technologies, the use of which allows to implement in autonomous robots a number of mental functions previously inherent only to man. Special

attention is paid to the epistemological aspects of social integration of autonomous robots, which is important both from the standpoint of improving the efficiency of their training, and from the point of conflict-free coexistence of man and technology. The importance of social integration of autonomous robots in the context of noosphere evolutionary development is emphasized. The evaluation is given for development prospects of intelligent robots and their possible social effect in various spheres of social life.

Keywords: autonomous robots, machine learning, cognitive technologies, social integration of robots, evolution

References

Akpan, V. A., Hassapis, G. D. “Nonlinear model identification and adaptive model predictive control using neural networks”, *ISA Transactions*, 2011, 50(2), p. 77–194.

Alekseeva, I. YU., Nikitina, E. A. *Intellekt i tekhnologii* [Intelligence and technology]. Moscow: Prospekt Publ., 2016. 96 pp. (In Russian)

Chechkin, A. V. “Printsipy i metody matematicheskogo modelirovaniya intellektualnykh system” [Principles and methods of mathematical modelling of intellectual systems], *Intellektualnye sistemy / Intellectual systems*, 1998, vol. 3, is. 1/2, pp. 63–83. (In Russian)

Chernavskaya, O. D., Chernavskiy, D. S., Karp, V. P., Nikitin, A. P., Rozhilo, Ya. A. “Protsses myshleniya v kontekste dinamicheskoy teorii informatsii. Chast 1: Tseli i zadachi myshleniya” [Thinking process in the context of dynamic theory of information. Part 1: Goals and objectives of thinking], *Slozhnye sistemy / Complex system*, 2012, no. 1 (2), pp. 25–41. (In Russian)

Cully, A., Clune, J., Tarapore, D., Mouret, J. B. *Robots that can adapt like animals*, 2014. [<https://arxiv.org/abs/1407.3501>, accessed on 10.07.2018].

Diane, S. A. K. “Raspoznavanie i generatsiya obrazov v neironnoi seti s ierarhicheskoy svyaznostyu” [Recognition and generation of images in neural network with hierarchical connectivity], *Nejrokompyutery: razrabotka, primenenie / Neurocomputers: Development, application*, 2014, no. 1, pp. 47–57. (In Russian)

Finn, V. K. *Iskusstvenny intellekt. Metodologiya, primeneniya, filosofiya* [Artificial intelligence: methodology, applications, philosophy]. Moscow: URSS Publ., 2011. 448 pp. (In Russian)

Fromm, E. “Marksova konceptsiya cheloveka” [Marx conception of a human], in: *Dusha cheloveka* [Anthology “Human soul”]. Moscow: Respublika, Publ., 1992, pp. 375–414. (In Russian)

Graves, A., Wayne, G., Danihelka, I. *Neural Turing Machines*, 2014. [<https://arxiv.org/pdf/1410.5401.pdf>, accessed on 10.07.2018].

Hehn, M., D’Andrea, R. “Quadrocopter Trajectory Generation and Control”, in: *IFAC World Congress*, 2011, vol. 18, pp. 1485–1491.

Intellektualnye sistemy avtomaticheskogo upravleniya [Intellectual systems of automatic control], ed. by I. M. Makarov & V. M. Lokhin. Moscow: Fismatlit Publ., 2001. 576 pp. (In Russian)

Karpathy, A., Fei-Fei, L. “Deep Visual-Semantic Alignments for Generating Image Descriptions”, in: *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2015, pp. 3128–3137.

Lektorskiy, V. A., Kudzh, S. A., Nikitina, E. A. “Epistemologiya, nauka, zhiznennyi mir cheloveka” [Epistemology, science, life experience of a human], *Rossiyskiy tekhnologicheskii zhurnal / Russian technology journal*, 2014, no. 2 (3), pp. 1–12. (In Russian)

Lohin, V. M., Manko, S. V., Diane, S. A. K. “Printsipy postroeniya modeli sredy v intellektualnykh sistemakh upravleniya avtonomnymi robotami i multiagentnymi robototekhnicheskimi gruppirovkami” [Principles of constructing environment model in intellectual control systems of autonomous robots and multi-agent systems], in: *Proc. of 8th Allrussian Multi-Conference* (3 volumes), vol. 2. Rostov-on-Don: SFU Publishing, 2015, pp. 177–181. (In Russian)

Lokhin, V. M., Manko, S. V., Alexandrova, R. I., Diane, S. A. K., Panin, A. S. “Mehanizmy intellektualnykh obratnykh svyazey, obrabotki znaniy i samoobucheniya v sistemakh upravleniya avtonomnymi robotami i multiagentnymi robototekhnicheskimi gruppirovkami” [Intelligent feedback, knowledge processing and self-learning in the control systems of the autonomous robots and multi-agent robotic groups], *Mekhatronika, avtomatizatsiia, upravlenie / Mechatronics, automation, control*, 2015, vol. 16, no. 8, pp. 545–555. (In Russian)

Nikitina, E. A. “Filosofsko-metodologicheskie problemy razvitiya intellektual’noj robototekhniki” [Philosophical and methodological problems of development of intelligent robotics], in: *Filosofiya iskusstvennogo intellekta. Materialy Vserossijskoj mezhdisciplinarnoj konferencii, posvyashchennoj shestidesyatiletiju issledovanij iskusstvennogo intellekta, 17–18 marta 2016 g., filosofskij fakul’tet MGU im. M.V. Lomonosova* [The philosophy of artificial intelligence. Proceedings of the all-Russian interdisciplinary conference dedicated to the sixtieth anniversary of artificial intelligence research, 17–18 March 2016, faculty of philosophy of Lomonosov Moscow State University], ed. by V. A. Lektorsky, D. I. Dubrovsky, A. YU. Alekseev. Moscow: IInteLL Publ., 2017, pp. 257–267. (In Russian)

Nikitina, E. A. “Problema subekta poznaniya v sovremennoy epistemologii” [A problem of cognition subject in modern epistemology], *Perspektivy nauki i obrazovaniia / Prospects of science and education*, 2015, no. 2 (14), pp. 16–24. (In Russian)

Oh, J., Guo, X., Lee, H., Lewis, R., Singh, S. *Action-Conditional Video Prediction using Deep Networks in Atari Games*, 2015. [https://arxiv.org/pdf/1507.08750.pdf, accessed on 10.07.2018].

Osipov, G. S. *Metody iskusstvennogo intellekta* [Artificial intelligence methods]. Moscow: Fizmatlit Publ., 2011. 295 pp. (In Russian)

Redko, V. G. “Problemy intellektualnogo upravleniya – obshchesistemnye, evoliutsionnye i neurosetevye aspekty” [Problems of intellectual control – system-wide, evolutionary and neural aspects], in: *Scientific conference “Neyroinformatika–2002” [Neuroinformatics–2002]*. Moscow: MEPhI Publ., 2003, pp. 8–39. (In Russian)

Redmon, J., Angelova, A. *Real-Time Grasp Detection Using Convolutional Neural Networks*, 2014. [https://pjreddie.com/media/files/papers/grasp_detection.pdf, accessed on 10.07.2018].

Rozhnov, A. V., Lobanov, I. A. “Stratifitsirovannaia model edinogo informatsionno-upravliaiushchego polia dlia formalizatsii osobennosti perecliucheniia rezhimov upravleniia smeshannymi gruppami pilotiruemykh i bespilotnykh letatelnykh apparatov” [Stratified model of unified informational-control field for formalization of specifics in switching control modes for mixed groups of manned and unmanned aerial vehicles], in: *Proc. of 13th International Conference “Ustoichivost i kolebaniya nelineinykh sistem upravleniya” [Stability and oscillations of nonlinear control systems] (conferece of Pyatnitskiy)*. Moscow: ICS RAS Publ., 2016, pp. 304–307. (In Russian)

Rutkovskaya, D., Pilinskiy, M., Rutkovskiy, L. *Neironnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy* [Neural networks, genetic algorithms, and fuzzy systems], trans. by I. D. Rudinsky. Moscow: Goryachaya liniya–Telekom Publ, 2006. 452 pp. (In Russian)

Simonyan, K., Zisserman, A. *Two-Stream Convolutional Networks for Action Recognition in Videos*, 2014. [https://arxiv.org/abs/1406.2199, accessed on 10.07.2018].

Sutskever, I., Vinyals, O., Le, Q. V. *Sequence to Sequence Learning with Neural Networks*, 2014. [https://arxiv.org/abs/1409.3215, accessed on 10.07.2018].

Titsias, M. K. *Unsupervised Learning of Multiple Objects in Images*. PhD thesis. UK: University of Edinburgh, 2005.

Vernadsky, V. I. *Nauchnaya mysl kak planetnoe yavlenie* [Scientific thought as a planetary phenomenon]. Moscow: Science, Publ., 1991. 271 pp. (In Russian)

Zhdanov, A. A. *Avtonomnyi iskusstvennyi intellekt* [Autonomous artificial intelligence]. Moscow: BINOM. Laboratoriia znaniy Publ., 2008. 359 pp. (In Russian)