

Приближение РОБОТ РЕАЛЬНОСТИ

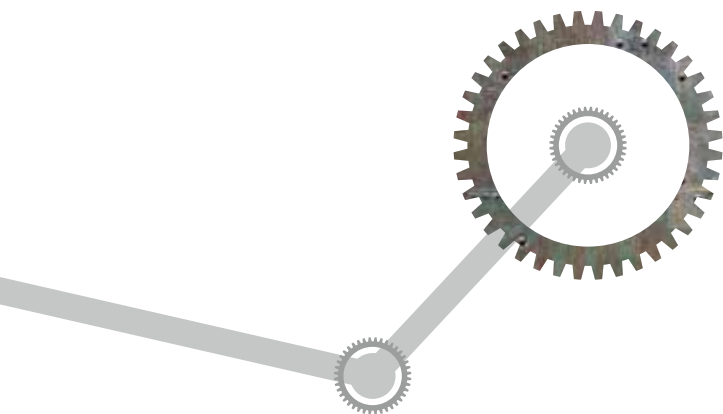


Обыватели представляют робота по-разному: как машину, выполняющую их поручения; как антропоморфное устройство, не только умеющее трудиться без усталости, но и способное дружить; как существо, по уровню интеллекта сравнимое со своим создателем или даже превосходящее его. Чем является робот для производителя? Возможно, очередной разработкой, массовый выпуск которой вскоре может наладить такая транснациональная корпорация, как Google, сделав ее финансово доступной для людей всего мира, прорекламировав ее как новый стильный гаджет — признак и обязательный спутник современной жизни.

Каким видят робота белорусские ученые? Должен ли он слушаться указаний, или самостоятельно ставить и выполнять задачи, или общаться в коллективе себе подобных? Об этом и многом другом постараемся рассказать в этом материале.

В конце 2013 г. в Объединенном институте проблем информатики НАН Беларуси благодаря инициативе молодых ученых, а также поддержке гендиректора А.В. Тузикова и возглавляемой лабораторией моделирования самоорганизующихся систем А.М. Крота открылся сектор робототехники.

Под руководством Александра Михайловича Крота в лаборатории с 1993 г. изучаются приложения теории самоорганизации к космогонии, аэрогидродинамике, медицине и другим областям научного знания. Ученым удалось выяснить и математически подтвердить всеобщие законы упорядочения, согласно ко-



торым в результате Большого взрыва из пыли образовались планеты и их системы, а после появления жизни на Земле произошла эволюция от клеток к растениям и животным. Теоретические и прикладные наработки и стали основой для появления нового направления исследований – приложения теории самоорганизации к мыслительным процессам. С приходом новых сотрудников в лаборатории начали изучаться самоорганизация в технике, искусственные нейронные сети (ИНС), генетические алгоритмы и групповое поведение.

Искусственный интеллект

Единственный пример интеллекта, каким мы его понимаем, есть у человека. Последние нейрофизиологические и клинические испытания показали, что основная часть мыслительных процессов происходит на поверхности головного мозга, где размещается космическое число (10^{11} – 10^{12}) нейронов. Самоорганизация проявляется в том, что по отдельности это простые элементы, но они связаны с тысячами других и, объединяя усилия, дают человеку возможность принимать сложные решения, обрабатывают зрительную, слуховую, обонятельную информацию.

Кроме того, чудесным образом определяется направление течения ее потоков: при действии внешних сигналов, раздражений одни зоны мозга активизируются (там беспрерывно проходят импульсы), а другие остаются пассивными. Ученые предполагают, что таким образом идет классификация. Например, когда человек видит знакомое лицо, реагируют одни участки, когда незнакомое – другие, потому что происходит не распознавание, а запоминание. Нейронную сеть можно представить как динамическую систему. При попадании в нее неизвестного сигнала на выходе фиксируется хаос, потому что она ничего не может извлечь из памяти, известного – порядок, некая структура, и это лучшее доказательство самоорганизации.

Направление, которое занимается исследованием искусственных нейронных сетей, ставит перед собой задачу узнать, каким же образом работает головной мозг, чтобы применить это в технике. Здесь можно увидеть влияние бионики – науки о формах живого и их технических аналогах, рассматривающей лист не с точки зрения красоты, а как завод, производящий из солнечной энергии белки, стрекозу – не как героиню басни, а как средство передвижения. Люди



Григорий Прокопович,
заместитель
завлаборатории
моделирования
самоорганизующихся систем
ОИПИ НАН Беларуси,
кандидат
технических наук



Владислав Сычев,
научный сотрудник
сектора робототехники
ОИПИ НАН Беларуси



Сергей Герасимов,
завсектором
робототехники
ОИПИ НАН Беларуси

не перестают пытаться создать устройства, подобные природным, перенести отдельные черты, технологии, скопировать форму. Конструкция Эйфелевой башни в точности повторяет строение большой берцовой кости, кровля оперного театра в Сиднее имеет вид раковин, а медицинские ампулы напоминают жгучие волоски на листьях крапивы. Однако человеческий мозг еще до конца не изучен, и воссоздать даже отдельные его характеристики инженерам крайне сложно. Искусственный интеллект не может сравниться со способностями человека. Суперкомпьютеры могут производить колоссальное число вычислительных операций, но ни один из них по производительности не сопоставим с мозгом. Именно поэтому тут открывается широкое поле для научной деятельности.

Григорий Прокопович и Владислав Сычев окончили БНТУ, факультет информационных технологий и робототехники. Еще в годы студенчества их заинтересовал искусственный интеллект, они начали изучать нейронные сети. В ОИПИ уже шесть лет они ведут целенаправленную работу, результаты которой можно будет применить в робототехнике. Григорий недавно защитил диссертацию по ассоциатив-

ным ИНС, применяемым для управления робототехническими аппаратами.

— Когда проектировались первые компьютеры, — рассказывает он, — ученые представляли различные принципы их устройства. Победила архитектура фон Неймана, предполагающая наличие центрального процессора и памяти, в которой содержатся программы и данные. Бытовало мнение, что если обеспечить достаточную производительность и мощность компьютеров, они сравнятся с

с Владиславом заинтересовал именно восходящий, или бионический, подход. На данный момент неизвестна точная модель функционирования головного мозга; если бы точка в этой области была поставлена, роботы уже ходили бы между нами и занимались сложными видами деятельности. Пока же компьютер может обогнать человека только в выполнении отдельной задачи, например обыграть гроссмейстера в шахматы, но распознать образы, скажем, написать стихотворение, при этом не в силах.

Удивительные нейронные сети

— Известно несколько десятков архитектур искусственных нейронных сетей, которые в сущности выполняют одну из трех функций — классификацию, кластеризацию или интерполяцию, — продолжает Григорий, — однако каждая из них может продемонстрировать только отдельные аспекты функционирования головного мозга — нет универсального механизма, который одновременно и обрабатывал бы зрительную и слуховую информацию, и принимал решения о движении. В результате своих научных исследований, которые изложены в моей диссертации, на основе модификации известных ИНС я предложил модель итерационной нейросетевой гетероассоциативной памяти, основная идея которой заключается в реализации циклического отображения образов, различных по содержанию, друг в друга. В итоге, в зависимости от того, какая информация будет находиться в указанной последовательности образов, на основе предложенной модели возможно реализовать устройства с контекстно-адресуемой памятью, а также системы управления по

жесткой программе и адаптивные. Отталкивался я от того, что человеческий мозг работает не как компьютер — на основе жесткой программы, а на основе обработки образов, скорее всего графических. Например, последнему, чтобы запомнить 16 цифр, понадобится 64 бита памяти. Люди же для этого ассоциируют их с картинками, создавая в воображении фильм, который на компьютере занял бы гораздо больше места. Парадоксальность человеческого мозга в избыточности. А может, в этом и кроется его универсальность.

Некоторые исследователи искусственного интеллекта считают, что ключ к производительности человеческого мозга в том, что люди обладают ассоциативной памятью. Компьютер точно знает, где хранятся данные, и ищет их по конкретному адресу. У нас же процесс извлечения информации представляется итерационным: человек выстраивает ассоциативные цепочки, отталкиваясь от известного. В нашей памяти информация разных типов хранится рядом: при взгляде на розу мы вспомним ее запах; когда же мы сохраняем данные на компьютере, мы разделяем документы, фотографии, музыку.

Из всего многообразия нейронных сетей Григорий выбрал гетероассоциативную ИНС, предложенную Бартом Коско, в которой в отличие от известной автоассоциативной сети Хопфилда имеется два слоя нейронов. В результате одни образы можно ассоциировать с другими. Записав эту сеть в систему управления робота, Григорий продемонстрировал ее потенциал: сигнал от датчика стало возможно связывать с командой для двигателя. Классический подход предполагает, что для выпол-



Прототип
исследователь-
ского робота

людьми по интеллекту. Однако оказалось, что человеческий мозг устроен иначе: в нем нет деления на процессор и память. Согласно современным теориям, в нейронах процесс хранения и обработки информации переплетен. Исходя из этого, можно выделить нисходящий и восходящий способы создания искусственного интеллекта. В первом случае на компьютер записывают классическую логику, сложную программу, которая способна решать определенные задачи. Во втором создается копия участка мозга на нейронах, его пробуют обучать, не интересуясь, как в нем идет связь. Нас

нения роботом определенных действий нужно писать программу, жестко регламентируя условия. Григорий же может обучить его новым движениям, используя образы из внешней среды. Для этого нужно ввести робота в специальный режим, нажав на кнопку, показать образ (например, поднести руку к датчику, имитируя преграду), дать установку («поезжай налево») и записать. Благодаря простоте методики обыкновенные пользователи могут управлять роботом, не зная языка программирования. Очень важно, что гетероассоциативную память можно интегрировать в системы управления различных устройств: это может быть не робот, а кофеварка, которую можно обучить варить капучино по конкретному рецепту.

Помня о том, что человек не может вспомнить нужный факт сразу, а склеивает последовательно в цепочку отдельные элементы, Григорий научил гетероассоциативную сеть извлекать из памяти весь образ при вводе одной из его частей. Это выгодно, когда есть потери информации.

Друг с другом можно связывать цифры, ноты, цвета и даже углы, говорит ученый:

– С годами у человека вырабатывается мышечная память, благодаря которой он успешно совершает определенные движения, не думая, какое усилие ему необходимо приложить для этого. Например, он может взять чашку, не разлив кофе, забросить баскетбольный мяч в корзину, подниматься по лестнице, играть на гитаре, водить машину. Фактически человеческий мозг формирует углы поворота между суставами. Так почему же не научить робота запоминать состояние как комбинацию углов? Тогда при введении одного из них из

памяти могут быть извлечены остальные, и он сможет совершить нужные действия манипулятором, например поднять и перенести мяч.

Любая классическая нейронная сеть реактивна: есть стимул – есть действие. То есть робот, у которого в системе управления используется классификатор на основе ИНС, зафиксировав препятствие, повернет и уже не возвратится на прежний курс. С помощью предложенной Григорием нейросетевой модели памяти, в которой каждый из образов содержит как сенсорные, так и управляющие сигналы, в гетероассоциативной ИНС стало возможно реализовать другой алгоритм. В зависимости от внешней обстановки робот может выполнять не одно, а целую последовательность действий, заложенных на этапе обучения: если сенсор разрешает, то он будет ехать вперед, если нет – обогнет препятствие и вернется на прежний путь. Уже на контроле модели роботов, которые смогут таким образом регулировать движение.

Групповое управление роботами

Если у Григория преобладают фундаментальные исследования, то у его коллеги Владислава Сычева – практические.

– Мы учимся и работаем с Григорием вместе с 2002 г. – с первого курса, – рассказывает Владислав. – В то время как Григорий больше интересовался бионикой, близкими к биологии технологиями, меня всегда сильнее увлекала электроника. Диплом у нас был совместный: Григорий разрабатывал нейросетевые алгоритмы, я проектировал плату системы управления роботом, на которой их можно

было бы проверить. Когда мы пришли в аспирантуру ОИПИ, из множества задач, которыми я интересовался, выкристаллизовалось несколько основных направлений, по которым я сейчас работаю в рамках моей диссертации. Сейчас моя цель – добиться того, чтобы группа роботов могла выполнить самостоятельно хотя бы простейшую задачу, например найти и привезти объект, который находится в испытательной арене. Это просто и не слишком впечатляюще. Но в процессе выявляются такие



задачи, как передача, обработка и распознавание данных от датчиков, построение алгоритмов коммуникации между роботами и алгоритмов поискового движения. И вот тут открывается большое поле для научной деятельности. Моя диссертация еще в работе, она будет посвящена нескольким отдельным технологиям робототехники, решению проблем, возникших при реализации группового управления.

По мнению Владислава, все становится сложнее и интереснее, когда увеличивается число роботов. Алгоритм, идеально работающий для одного робота, в случае с дву-

Пара научных роботов

мя может не подойти вообще, потому что могут возникнуть конфликты при обмене данными или совместной работе различных датчиков. Надо сделать так, чтобы этого не происходило. Кроме того, на роботах, разрабатываемых в лаборатории, сложно выполнять вычисления. Можно перенести их на центральный компьютер, но как оптимально передать данные?

Еще один аспект научных поисков Владислава касается работы роботов в недетерминированной среде, то есть той,



Плата системы управления экспериментального робота

о которой они чего-то или ничего не знают, в которой надо ориентироваться по обстоятельствам. Дело в том, что рано или поздно даже самые дорогие датчики и навигационные системы выдают неправильные данные, и робот ошибается. Это нормальный физический процесс. Владислав много времени тратит, стараясь адаптировать разработки лаборатории к реальному миру, создать алгоритм движения с учетом неидеальности датчиков и среды, чтобы робот мог корректировать свое местоположение. Один из способов решения проблемы – заставить его через определенные промежутки

времени изменять траекторию, чтобы он заметил препятствие.

Значительные перспективы в групповом управлении роботами видит заведующий сектором робототехники Сергей Герасюто:

– Один робот в поле не воин. Маленькие роботы будут полезны, эффективны, сравнимы с человеком, когда их будет несколько. Это как раз тот случай, когда количество переходит в качество. Однако не нужно думать, что они будут идентичны. Они предназначены для выполнения совместных задач и будут успешно справляться с этим благодаря наличию разных типов сенсоров и различных рабочих органов (к примеру, на одном будет установлен манипулятор, на другом – грейдер). Поэтому мы активно разрабатываем групповое управление роботами. Пользователь сможет купить пять подобных роботов-пылесосов, которые можно будет легко заменить при поломке. Группа простых роботов будет дешевле и эффективнее в работе по сравнению с одним универсальным.

Мозговые роботы

По словам Сергея, сектор открыли для внедрения программных технологий робототехники, создаваемых в институте для того, чтобы разрабатываемые белорусские роботы могли видеть, слышать, произносить, манипулировать предметами, то есть с каждым годом вытеснять человека из трудоемких и опасных отраслей хозяйственной деятельности – строительства, управления транспортом, машиностроения, добычи полезных ископаемых в шахтах. В целом робототехник (инженер-электромеханик, согласно

общепринятой классификации) – междисциплинарный специалист, он должен знать механику, электронику и программирование если не на экспертном, то хотя бы на углубленном уровне.

– Мы работаем с роботами в части систем управления, – подчеркивает Сергей. – В мире нет единого подхода к тому, какая из них самая надежная, но общие принципы известны и широко используются. Мы с нуля разработали плату систем управления, программное обеспечение для нее и говорим о том, что она подходит к большинству мобильных роботов. Причем ее можно использовать как в научных целях, так и в бытовых. Работу двигателей постоянного тока регулирует специальная микросхема, реализующая широтно-импульсную модуляцию. Центральный микроконтроллер отвечает за всю логику работы робота на нижнем уровне. К его входам – цифровым и аналоговым – подключены соответственно сенсоры и датчики. Плата обеспечивает беспроводной канал связи с роботом. Особое место отведено подсистеме питания от аккумуляторных батарей с возможностью бесконтактной зарядки. Обеспечение им малогабаритных устройств – быстроразвивающееся направление, качественные характеристики батарей для роботов улучшаются ежегодно.

Изучая функционирование роботов, сотрудники лаборатории закупают и апробируют разные типы датчиков: визуальные, акустические, тактильные, силомоментные. Чтобы решить проблему ориентирования роботов в пространстве, используются лазерный

сканирующий дальномер, позволяющий получать горизонтальную развертку 20 раз в секунду, сенсор для оперирования на неровной поверхности и др. Предусматривая случаи, когда пользователь захочет дать роботу конкретные указания, ученые исследуют управление с помощью разных типов джойстиков. Чтобы обеспечить простоту, минимальное взаимодействие с человеком, роботам устанавливают только одну кнопку.

В ОИПИ еще не изготавливают роботов, предназначенных для использования снаружи помещения, потому что они требуют особого корпусирования и подхода к управлению (необходимо согласовать некоторые вопросы по каналу связи). Однако специалисты уверяют, что, хотя плата систем управления для «уличных» роботов будет модернизирована и модифицирована, принцип их работы не изменится.

Роботы, созданные в лаборатории, совместимы с обычными компьютерами, телефонами на платформах Android и iOS, для выхода их в Интернет планируется использовать технологии Wi-Fi и 3G. Будет запущен центральный сервер, через который сотрудники лаборатории смогут управлять устройствами централизованно. Схема будет подобна той, которую предлагает компания Google для работы со смартфоном: пользователь регистрируется, подключает услугу и пользуется всеми сервисами. Когда человек активирует своего робота, на него будут приходить все апдейты. К тому же, зайдя на портал под своим логином, он сможет посмотреть, как робот выполняет поставленную задачу.

Нужно подчеркнуть, что специалисты лаборатории работают самостоятельно, ничего не копируют у других производителей. На данный момент они выходят на белорусский рынок и уже зарегистрировали торговый знак. Все роботы будут иметь свои торговые марки, сейчас их две – SmartRobo и Robotics.by.

Робот присмотрит за бабушкой

Ни военными роботами, которых можно использовать в качестве орудий убийства и обороны, ни промышленными, которые сваривают, красят, манипулируют грузами на складах, в лаборатории не занимаются. Тут планируют активно развивать три направления робототехники: научную (суперробот для тестирования новейших сенсоров, датчиков и технологий и два робота, которые будут доказывать отдельные положения диссертационных работ), развлекательную (гонки, управление командой роботов) и персональную. Последняя появилась совсем недавно благодаря миниатюризации систем управления, на территории Беларуси продаются два вида таких роботов – пылесосы и газонокосилки. Это направление особенно важно для сотрудников.

– Несмотря на то что выгодно выпускать одну модель телефона, выходят они в широком ассортименте, чтобы подчеркнуть индивидуальность людей, – отмечает Сергей Герасюто. – Уже сейчас ясно, что каждому нужен свой персональный робот. Он может обладать определенными стандартными функциями, но должен отличаться от других. И мы можем изготовить робота под задачи конкретного поль-

зователя. Реальное, близкое будущее – робот-пылесос, который лично к человеку приспосабливаться не будет, но будет адаптирован под его квартиру. По всей видимости, для ориентации робота нужно будет подготавливать его среду обитания – невидимой краской наносить на стены, пол, потолок знаки, которые он сможет считать.

Встраивание робота в частную жизнь – передовое направление науки и техники. Все слышали про умный дом, а в нем нужен умный робот. Пользователи хотят иметь устройство, которое могло бы, получив от них указания через Интернет, проехать по дому и привести все в порядок к приходу хозяина, например приготовить ужин. Кроме того, через камеру, установленную на роботе, человек сможет, допустим, наблюдать за пожилыми родителями, живущими отдельно.

Григорий Прокопович проводит аналогию с персональным компьютером, который хранит важную для человека информацию (документы, фотографии) и позволяет ему развлекаться, общаться, работать. В нем можно выбрать все, что нравится: от заставки на мониторе до музыкальных плейлистов.

Ученые во всем мире стремятся максимально упростить интерфейс между компьютером и человеком, в будущем – перенести его на уровень телепатии, чтобы мысль управляла действиями машины, уже сейчас – на речевой уровень. Вскоре мы сможем побеседовать с роботом, дать ему указания голосом.

– Персональный робот должен стать связующим звеном между человеком и внешним миром, – подчеркивает

Григорий, – компьютером, который будет общаться с вами и передвигаться. Персональный робот – это три в одном: тамагочи, современный смартфон с мобильными функциями. Мы считаем, что за ним будущее.

Автоматизированная «Формула-1»

На гонках, таких как «Формула-1», производители апробируют и отработывают технологии. Робототехника пошла по тому же пути: в ней



появились новое направление и целая индустрия, связанная со спортом. В процессе состязаний появляются новые конструкторские решения, рождаются новые идеи. В Беларуси ежегодно проходят соревнования «Роборэйс», правила которых позаимствованы из автогонок: конечное число кругов, кто придет первым, тот выиграл. Для одного робота пройти дистанцию сложности не представляет, но когда движутся несколько, они начинают конкурировать.

К открытию сектора робототехники институт выделил дополнительное помещение, где ученые могут не только разместить свои полтора десятка роботов, но и выполнить ряд сложных испытаний и экспериментов. Исследователи планируют превратить его в центр управления, полигон для испытаний. Здесь будет находиться стенд с роботами, будут проводиться их презентации. Арена для роботов, изготовленная по индивидуальному проекту, подходит не только для проведения соревнований, но и для освоения 3D-пространства. Например, на ней роботы будут учиться съезжать с горки и заезжать на нее.

– Мы не все можем делать сами и хотим найти партнеров, в первую очередь в России, Беларуси, Украине, – отмечает Сергей. – Нам интересны организации, которые работают по смежным направлениям, имеют своих роботов, а также ученых, с которыми можно будет обмениваться идеями и наработками.

Конечно, сотрудники лаборатории думают и о выпуске роботов. Предпочтительно было бы организовать его на белорусском предприятии, однако массовое производство связано с многими технологическими нюансами, которые необходимо согласовать с потенциальными изготовителями. ■

Ольга КИЕВЛЯКИС
Фото автора

На плаву – беспилотные технологии

На мировом рынке наша страна все чаще выступает в роли поставщика многофункциональных высокотехнологичных изделий. Последние несколько лет организации и предприятия республики показывают значительные успехи в разработке беспилотников различных типов и назначения. В их числе – беспилотные летательные аппараты, в производстве которых самым непосредственным образом задействованы и ученые НАН Беларуси. А в конце прошлого года появился безэкипажный автономный катер, который привлек внимание как наших, так и зарубежных экспертов.