



## ПРОБЛЕМА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*ШАБАНОВ-КУШНАРЕНКО Ю. П.*

Ответственный редактор этого журнала Владимир Иванович Хаханов обратился ко мне с предложением рассказать о моем пути в науку, о научной школе, о видении научных проблем и о научных разработках в области искусственного интеллекта. Я очень благодарен ему за это предложение и с удовольствием на него откликаюсь. Никогда еще мне не приходилось выступать с подобным сообщением. Работая над его подготовкой, я узнал для себя много нового.

Сначала я расскажу о **моем пути в науку**. В 1941 году я окончил первый класс школы, во втором и третьем классах из-за войны не учился, а в конце 1943 года пошел сразу в четвертый класс. Семилетку окончил в 1947 году. Затем поступил в Строительный техникум. Там я проучился всего два года. В 1949 году сдал экстерном экзамены за десятилетку, бросил техникум и поступил в наш вуз, который в то время назывался Горным институтом. Выбор вуза определился чисто материальными соображениями. Отец с войны не вернулся, вдвоем с мамой мы жили бедно, а в Горном институте платили самую высокую стипендию, кроме того, бесплатно шили студентам форму – костюм и шинель. Из всех специальностей, которым обучали в Горном институте, я выбрал электромеханику. Ее я чисто интуитивно, не зная толком почему, оценил для себя как наиболее перспективную. Последующее развитие событий показало, что вуз и специальность я выбрал для себя оптимально, хотя в то время мне казалось, что это не так.

Теперь все знают, что в 1945 году в США появились первые электронные вычислительные машины, что в 1948 году Норберт Винер опубликовал свою “Кибернетику” [1], и что после этого началась эра компьютеризации и информатизации. Но в 1949 году об этом мне ничего не было известно. В то время я шел в науку “на ощупь”, руководствуясь только природными склонностями и шарахаясь из стороны в сторону. Тем не менее через некоторое время кибернетика сама меня нашла и ворвалась в мою жизнь. Знакомясь с институтской библиотекой, я обратил внимание на небольшую книжечку Рене Декарта “Рассуждение о методе” [2, с. 257-317]. В ней он рекомендовал направлять свои действия не на частные, а на общие цели. Это произвело на меня большое впечатление. Я осознал, что никакой общей цели у меня нет. Это заставило

меня в начале 1950 года обратиться к систематическому каталогу библиотеки им. Короленко и просмотреть все его рубрики, не пропуская даже такие как “кожевенное производство”. Я задался целью определить, на какие области знания моя душа откликается, а на какие – нет. И она четко откликнулась на следующие четыре научные области: логику, математику, психологию и философию. Ничто другое меня всерьез не заинтересовало. Почему именно эти области знания пришлось мне по душе, есть ли между ними какая-нибудь связь и куда они меня поведут, я четко себе не представлял, но все же принял для себя этот выбор как руководство к действию. В дальнейшем выяснилось, что такой выбор меня не подвел.

Вскорости мне посчастливилось приобрести объемистый том избранных произведений Декарта, изданный в 1950 году к 300-летию со дня его смерти [2]. Когда я с ним ознакомился, то с удивлением обнаружил, что в этой книге Декарт пишет как раз обо всех тех областях знания, к которым я пришел сам. Он мне разъяснил, в чем ценность этих наук, какова связь между ними и к какой общей цели они ведут. Тогда я принял решение строить свою жизнь в соответствии с целевыми установками Декарта, которые пришлось мне по душе. Все остальное стало выглядеть в моих глазах серым, скучным и второстепенным. Я начал двигаться в избранном направлении, стараясь не терять ни одного дня. Насколько я могу судить теперь, Декарт в своих трудах был озабочен единственной проблемой: познанием и совершенствованием человеческого интеллекта посредством создания интеллекта искусственного. Сейчас мне кажется, что он понимал эту проблему гораздо шире и глубже и предвидел развитие событий точнее и дальше, чем многие из специалистов, работающих ныне в области компьютеризации и информатизации. Свои труды Декарт написал более 350 лет тому назад, но у меня такое ощущение, что и сегодня он опережает всех нас в области искусственного интеллекта, по крайней мере, на столько же лет.

После второго курса института я поступил еще и в Харьковский университет на заочное отделение по специальности “математика”. В то время такая учеба выполняла роль нынешнего “второго образования”. В 1954 году я окончил институт и вплоть до 1963 года работал в нем на кафедре горной механики в научно-исследовательской лаборатории рудничного подъема под руководством члена-корреспондента Академии наук УССР, профессора, доктора технических наук Павла Петровича Нестерова. У него я почерпнул много ценного по методологии научной работы. В 1959 году я защитил кандидатскую диссертацию в области создания подъемных установок нового типа для глубоких шахт. Параллельно с этим я продолжал неотступно двигаться по избранному мною пути, опираясь на учение Декарта. В 1954 году в СССР был издан “Краткий философский словарь”, из которого я узнал о существовании кибернетики [3, с.236-7]. В нем кибернетика преподносилась как реакционная

лженаука американского империализма. Эта публикация произвела большое впечатление на широкую научную общественность нашей страны и вызвала к кибернетике жгучий интерес. Кибернетика вдруг приобрела необычайную популярность. Стали издаваться на русском языке в большом количестве переводы, а также публикации отечественных авторов по кибернетике. В 1958 году вышел русский перевод книги Винера “Кибернетика”.

К 1962 году у меня уже накопились кой-какие научные результаты в области моделирования работы органов чувств человека, которые удачно вписались в кибернетическую тематику. К этому времени в Киеве был создан Институт кибернетики Академии наук УССР, который возглавил академик Академии наук СССР, профессор, доктор физико-математических наук Виктор Михайлович Глушков. Я съездил туда и успешно доложил там свои работы. Меня пригласили работать в этот институт, и я уже было собрался переезжать в Киев, как вдруг наш институт изменил свой профиль и стал называться Институтом горного машиностроения, автоматики и вычислительной техники. Я немедленно пересмотрел свои планы и весной 1963 года перешел на только что организованную в нашем институте кафедру промэлектроники и вычислительной техники, которую возглавлял доцент, кандидат технических наук Александр Андреевич Волков. Летом этого же года кафедра разделилась на две, и я стал работать доцентом на одной из них, которая получила название кафедры вычислительной техники. К заведованию этой кафедрой приступил только что переехавший в Харьков профессор, доктор физико-математических наук Владимир Логвинович Рвачев (ныне академик Национальной Академии наук Украины).

Рвачев придал делу большой размах. И он и я стали руководить аспирантами, готовя в большом количестве научные кадры. К 1969 году, благодаря его бесценной помощи и огромной поддержке, я подготовил и защитил в Институте кибернетики АН УССР докторскую диссертацию в области моделирования человеческого зрения по специальности “техническая кибернетика”. С течением времени мои ученики тоже включились в подготовку научных кадров. В настоящее время у меня уже имеются не только “дети от науки”, но также научные “внуки” и “правнуки”. Среди них более сотни кандидатов наук и десяток докторов, в том числе – ректор нашего университета академик Академии Высшей школы Украины, профессор, доктор технических наук Михаил Федорович Бондаренко. Плодилось не только кадры, но и кафедры: сейчас от прежней кафедры вычислительной техники ведут происхождение многие кафедры нашего Университета, других вузов Харькова и Украины. В настоящее время я работаю профессором на кафедре программного обеспечения ЭВМ, читаю студентам курсы лекций, продолжаю готовить научные кадры, провожу исследования по избран-

ному мною более пятидесяти лет назад научному направлению.

Теперь мне хотелось бы немного рассказать о **Декарте**, поскольку именно он оказал решающее влияние на мой путь в науке. Многие знают его лишь как создателя аналитической геометрии, но это весьма односторонняя характеристика его творчества. Декарт – это уникальное явление в науке. В значительной мере благодаря ему взгляды на науку в мире кардинально изменились. До Декарта вся наука была древнегреческой и средневековой, после него она стала вполне современной. Декарт совершил научный подвиг, сформировав понятие координатной системы. Благодаря этому в научный обиход вошли математические понятия переменной и отношения. Если бы он этого не сделал, мы до сих пор, как я полагаю, не имели бы ни дифференциального и интегрального исчисления, ни современной физики и математики, ни кибернетики, ни компьютеризации с информатизацией. Провозгласив принцип “*Cogito ergo sum*” (Мыслю, следовательно, существую), Декарт открыл путь для развития современной философии и психологии, принципиально отличающейся от прежней. В физиологии он ввел важнейшее понятие рефлекса. Весьма показательно, что первый отечественный Нобелевский лауреат знаменитый во всем мире физиолог Иван Петрович Павлов, отдавая дань заслугам Декарта, установил перед своей лабораторией в Колтушах его бюст. Декарту принадлежит формулировка глубинных физических постулатов: закона сохранения количества движения и принципа относительности движения. Только сейчас начинает постепенно осознаваться чрезвычайная важность для современной физики выдвинутых им положений об отсутствии пустоты и о бесконечной делимости материи. Неоценим вклад Декарта и в разработку современной научной методологии.

Многие из важнейших научных положений Декарта долгое время оставались не востребуемыми. Он основательно изучал природу интеллекта; различие между естественным и искусственным интеллектами, связь между ними; отличие души от тела, обосновывал тезис о ее потенциальном бессмертии; прогнозировал перспективы изучения естественного и создания искусственного разума; глубоко анализировал вопрос о наличии интеллекта у животных и о возможности создания разумных машин. Декарт сформулировал принцип универсальности интеллекта; пришел к важнейшему выводу о том, что разумная система отличается от неразумной только тем, что владеет универсальным языком; исследовал взаимоотношения между творцом и его творениями, верой и знанием; изучал природу субъективных состояний, сознания и воли; впервые провозгласил тезис о возможности ничем не ограниченного объективного изучения не только внешнего (физического) мира, но и внутреннего (т.е. информационного, психологического) мира человека. Он сформулировал чрезвычайно смелый и новаторский ключевой принцип *Cogito ergo sum*, который, как я полагаю, можно понимать и в том

смысле, что любая мыслящая система является наблюдателем, т.е. существует как субъект. Иными словами, достаточным условием существования материальной системы как личности является наличие у нее мышления. Мышление же Декарт, судя по всему, понимал как исключительно логический (а следовательно — механический, машинообразный) процесс. До возникновения кибернетики все эти разработки Декарта многим казались всего лишь философскими и богословскими рассуждениями. И только с появлением ЭВМ и лавинообразно нарастающей информатизации, вторгающейся во все сферы человеческой жизни, с возникновением технических систем искусственного интеллекта стало постепенно осознаваться огромное значение всех этих идей Декарта для науки и техники. Особенно ценна сформированная Декартом всеохватывающая целостная система представлений об интеллекте, которой, как мне представляется, очень недостает разработчикам современных систем искусственного интеллекта. Она способна как проектором осветить пути дальнейшего развития человеческого сообщества в условиях второй научно-технической революции.

Развитие кибернетики вернуло к жизни многие из перечисленных идей Декарта. Его положение об универсальности интеллекта нашло отражение в современных разработках понятия универсального алгоритма, рекурсивной функции и рекурсивно перечислимого множества, в тезисе Алонзо Черча и в машине Алана Тьюринга. Эти разработки послужили теоретической основой для доказательства универсальности современных цифровых вычислительных машин. В результате возникло убеждение в том, что машины, в принципе, способны воспроизвести любой вид интеллектуальной деятельности. По вопросам отличия души от тела, ее потенциального бессмертия высказывался Тьюринг в форме идеи “переселения” душ (в книге “Может ли машина мыслить?” [4, с. 34-5]); ту же мысль выразил Винер в форме идеи передачи человека по телеграфу (в книге “Кибернетика и общество” [5, с. 103-4]). Проблеме взаимоотношений между творцом и его творениями Винер посвятил даже целую книгу “Творец и робот” [6]. В поддержку тезиса о субъективном существовании мыслящей системы высказались видные ученые — академики АН СССР Андрей Николаевич Колмогоров, Сергей Львович Соболев, Виктор Михайлович Глушков [7, 8, 9]. Тем не менее, еще и сегодня “кибернетическое” наследие Декарта недостаточно внедрено в жизнь. Я ожидаю, что его дальнейшее освоение принесет огромную пользу делу создания искусственного интеллекта.

Труды Декарта написаны необычайно простым и доступным языком. Поначалу кажется, что это просто разговор о том, о сем. Тем не менее, в них содержатся глубочайшие и сложнейшие мысли. Такой стиль изложения научного материала прекрасен, но он мешает, при первом знакомстве с Декартом, отнестись к его работам с должной серьезностью. Вот образчик его стиля: “Я был тогда

в Германии, куда меня привели события войны, которая и сейчас еще там не окончилась. Когда я с коронации императора вернулся в армию, наступившая зима задержала меня на месте стоянки армии. Не имея ни с кем общения, которое бы меня развлекало, свободный, по счастью, от забот и страстей, которые бы меня волновали, я проводил целый день у очага и имел полный досуг отдаваться своим мыслям. Одной из первых мыслей, занимавших меня, была та, что часто в произведениях, где отдельные части написаны несколькими мастерами, нет того совершенства, как в тех, над которыми работал только один” [2, с. 266-7]. И т.д и т.п. Ведя подобную непринужденную беседу с читателем, Декарт постепенно подводит его к поразительным идеям и выводам. Я уже более пятидесяти лет перечитываю труды Декарта и до сих пор нахожу в них для себя много нового, причем постепенно открываются все более и более масштабные его идеи. Когда приходит понимание, видишь, что все было сказано им очень четко и ясно, предельно простыми словами. Тем не менее, читая труды Декарта ранее, я равнодушно проходил мимо этих идей, потому что не созрел до того, чтобы серьезно отнестись к ним, по достоинству их оценить. Я подозреваю, что мы будем открывать Декарта еще очень долго, по мере того как информатизация будет сталкивать нас с новыми все более сложными проблемами. Только тогда мы будем в состоянии увидеть и вполне оценить в его трудах то, что сейчас представляется ничего не значащими разговорами.

Далее я хочу рассказать о своем **видении проблемы искусственного интеллекта**. Начну издали — с **технического прогресса**. Из курса биологии мы знаем, что человек, появившись на Земле, оказался способным, в отличие от всех других живых существ, к творчеству и изобретательству. Это выразилось в создании им технических устройств. Прежде всего люди использовали в роли таковых палку и камень. И первое, что они стали делать с их помощью, так это более эффективно бить ими других людей. До “изобретения” палки и камня человек мог пускать в ход лишь кулаки. Затем появились копья, пращи, стрелы, боевые колесницы и многое другое. Люди стали строить пирамиды для прославления фараонов. В течение многих веков техника прогрессировала очень медленно, но после изобретения паровой машины в конце XVII века процесс стал заметно ускоряться, началась так называемая первая научно-техническая революция. Она привела к небывалому усилению физических возможностей человека. Появились станки, инструменты и приборы, заводы и фабрики, получила развитие энергетика, в том числе ядерная. Не забыли люди и об оружии массового уничтожения: создали пушки, танки и атомные бомбы. Быстро прогрессировали физика и химия, люди создали губительные наркотики, генную инженерию, клонирование. Человек стал вмешиваться в свою собственную природу. Началось освоение космоса, в быт людей вошли телефон и телевизор, автомобиль и самолет. В середине XX века была изобретена

универсальная цифровая вычислительная машина. С этого момента начался новый виток технического прогресса — так называемая вторая научно-техническая революция, повлекшая за собой компьютеризацию и информатизацию. Стали создаваться средства искусственного интеллекта. Результатом явился быстрый рост интеллектуальной мощи человеческого сообщества. Последние три столетия прогресс техники идет по экспоненте во все убыстряющемся темпе. Эта тенденция, судя по всему, сохранится и в обозримом будущем.

Прогресс техники приносит людям не только блага цивилизации, но также и катастрофически нарастающие бедствия. Войны становятся все более жестокими и разрушительными, воздух недопустимо загрязняется, возникает парниковый эффект, в верхних слоях атмосферы появились и быстро расширяются смертельно опасные озоновые дыры. Быстро сокращается площадь лесов, необходимых для жизни людей на Земле. Иммунная система людей слабеет, получают массовое распространение СПИД, наркомания, алкоголизм, неврозы и психозы. Масштабы техногенных катастроф быстро растут. Люди не всегда осторожно обращаются с отходами атомных электростанций, на последних возникают аварии. Это приводит к радиоактивному заражению окружающей среды, фатальному для здоровья и генофонда людей. Катастрофически ухудшается среда обитания. Зашлакованность организмов людей недопустимо увеличивается. Возник и быстро набирает силу международный терроризм. Всего лишь один преступник, располагающий современным оружием, может уничтожить огромное число людей. Сегодня смертельные угрозы обступают человечество со всех сторон. Раньше оно не могло себе серьезно навредить в силу собственной слабости, теперь же это ограничение снято, и создается впечатление, что человеческое сообщество делает все возможное для того, чтобы себя погубить. Не нужно быть пророком, чтобы понять, что человечество само загоняет себя в безвыходный тупик. Если дело и дальше так пойдет, то его ждет неминуемая гибель. Люди склонны легкомысленно считать, что все как-то само собой образуется, надеются на счастливый исход. Но здесь не тот случай. Житейская “мудрость” “Сила есть — ума не надо” здесь не спасает. Где же выход? Он очевиден: человечеству надо брать свою судьбу в собственные руки, а для этого ему необходимо срочно поумнеть. И здесь на помощь может прийти быстро развивающаяся ныне техника искусственного интеллекта. Вряд ли человечество можно будет спасти чем-либо иным. Но для того, чтобы суметь воспользоваться такого рода техникой, надо прежде понять природу машинного интеллекта, разобраться, куда и как его развивать, где и каким образом применять. Некомпетентные разработка и использование технических средств искусственного интеллекта могут привести к бедам и катастрофам еще худшим, чем те, которые наблюдаются сегодня.

Что же такое **искусственный интеллект**? Чтобы ответить на этот вопрос, надо сначала разобраться

в том, что такое интеллект вообще. Отправляясь от учения Декарта, можно прийти к выводу, что *интеллект* — это универсальная логическая алгебра. Эта алгебра бесконечна. Она может действовать, только будучи реализованной в виде некоторой материальной конструкции, называемой *интеллектуальной системой*. Любая материальная система, в силу своей конечности, может воспроизвести лишь какой-то ограниченный фрагмент универсальной логической алгебры. Совершенствование какой бы то ни было интеллектуальной системы сопряжено с расширением соответствующего ей фрагмента универсальной логической алгебры. Одна интеллектуальная система может порождать другую. Что это так, мы видим на примере человеческого сообщества, которое на наших глазах создает систему машинного интеллекта. Порождающая интеллектуальная система называется *творцом*, а порождаемая — ее *творением*. Каждое творение интеллектуальной системы будет восприниматься ею как *система искусственного интеллекта*. Любая же иная интеллектуальная система будет восприниматься системой-творцом как *система естественного интеллекта*. Например, по отношению к человеческому сообществу система машинного интеллекта является искусственной. Каждый человек знает, что он не сам себя создал. Поэтому в своих собственных глазах он выглядит, в основном, как система естественного интеллекта. И только в тех случаях, когда человек сам себя в каком-то смысле формирует (например, сознательно ставит для себя цели, планирует свои действия, успешно борется с болезнями, побуждает себя учиться и т.д.), он воспринимает себя частично как собственное творение, как систему искусственного интеллекта. По отношению к большинству людей нынешняя система машинного интеллекта выступает исключительно в роли системы естественного интеллекта, поскольку она создана не ими. И только лица, являющиеся непосредственными разработчиками машинного интеллекта, в каких-то аспектах (очень ограниченных) существующую ныне систему машинного интеллекта воспринимают отчасти и как свое собственное творение, т.е. как систему искусственного интеллекта.

Можно ли утверждать, что существует интеллектуальная система, являющаяся творцом человека — существа, принадлежащего к биологическому виду *Homo sapiens*? По-видимому, да. Биология учит, что человек возник в процессе длительной эволюции благодаря действию на живые существа механизмов изменчивости и естественного отбора. Каковы бы ни были эти механизмы, несомненно то, что они способны творить: видим же мы, что ими создаются изделия (вирусы, растения, животные, люди), которые ни отдельный человек, ни все человечество в целом не в силах создать искусственно, несмотря на весь свой интеллект. Эти механизмы в их совокупности я называю *системой генетического интеллекта*. Генетический интеллект не только создал человека, но и ежесекундно поддерживает его жизнь: ясно, что своими собственными

усилиями ни один человек не в состоянии гарантированно обеспечить свое существование хотя бы еще на одно мгновение. Какие же целевые установки заложил генетический интеллект в свое творение — человека? Мы видим, что люди неудержимо стремятся к техническому прогрессу, даже с риском для дальнейшего существования жизни на Земле. В чем смысл такого стремления? Очевидно, в том, чтобы взять под контроль свою собственную судьбу, освободиться из-под опеки генетического интеллекта. Я полагаю, что генетический интеллект великодушно передает человеку эстафету разума.

Свою роль я вижу в том, чтобы по мере своих сил содействовать этому процессу. Прежде всего меня интересовал вопрос: какова **глубинная природа интеллекта**. Размышления над этим вопросом привели меня к задаче алгебраизации логики, к понятию *универсальной логической алгебры*. Эта алгебра представляется в виде двухэтажной конструкции: на первом этаже — *мысли*, на втором — *действия над ними*. *Носитель* универсальной логической алгебры представляет собой множество всех мыслей. В нем выделены особо некоторые мысли, играющие роль *базисных элементов*. Над множеством всех мыслей заданы *базисные операции*. Они должны быть выбраны с таким расчетом, чтобы с помощью суперпозиции базисных операций, примененных к базисным элементам, можно было бы выразить любые мысли. В этом случае логическая алгебра будет *универсальной*. Записи таких суперпозиций называются *формулами* универсальной логической алгебры. Разные формулы, выражающие одну и ту же мысль, называются *тождественными*. Легко представить универсальную логическую алгебру во вполне конкретном виде. Язык, которым мы пользуемся, называемый *естественным*, является воплощением такой алгебры. Естественный язык — это разновидность универсальной логической алгебры, ее конечный фрагмент. Его я называю *лингвистической алгеброй*. Формулами лингвистической алгебры служат предложения и тексты естественного языка. Они выражают мысли человека. Операциями лингвистической алгебры служат отдельные мыслительные акты, в результате которых рождаются новые мысли. Процесс мышления представляет собой суперпозицию операций лингвистической алгебры. Предложения, выражающие одну и ту же мысль, — это тождественные формулы лингвистической алгебры. Разные языки, например, русский и английский, представляют собой различные виды лингвистической алгебры, они заданы на одном и том же носителе (поскольку мысли интернациональны), но отличаются базисными элементами и операциями. Перевод текстов с одного языка на другой означает переход от формул одного варианта лингвистической алгебры к другому при сохранении смысла этих текстов.

Чтобы определить понятие интеллекта, достаточно разобраться в механизме **универсальной логической алгебры**, а это можно сделать, обратившись, для начала, к изучению лингвистической алгебры, которая является ее конкретным воплощением.

Этого можно достичь, математически описывая механизм естественного языка. Чтобы иметь возможность это сделать, надо предварительно обзавестись математическим языком, с помощью которого можно было бы производить такое описание. Язык классической математики для этого не подходит, поскольку он создавался для формального описания процессов, происходящих во внешнем мире, которые имеют числовую природу. Мир же мыслей имеет совсем иную природу — логическую. Получается как бы замкнутый круг: чтобы понять, что такое универсальная логическая алгебра, нужно математически описать механизм естественного языка, а для этого надо уже располагать формальным языком описания, т.е. той же универсальной логической алгеброй. Выход из этого “безвыходного” положения состоит в использовании метода последовательных приближений. Начинаем изучать естественный язык, не имея никаких средств его математического описания, извлекаем из него некоторые из этих средств, которые затем используем для усиления средств анализа механизма естественного языка. С усиленными средствами снова приступаем к анализу естественного языка, в результате извлекаем из него дополнительные средства математического описания и т.д.

Обратившись к истории алгебраизации логики, мы обнаруживаем, что именно так все и происходило в действительности. Сведения об универсальной логической алгебре извлекались исключительно из анализа естественного языка. Еще в Древней Греции возникла грамматика — неформализованное учение о естественном языке. С появлением в той же Древней Греции математики, которая представляет собой расширение естественного языка, стали накапливаться неформализованные сведения о логических средствах языка в виде понятий аксиомы, определения, теоремы, доказательства, теории (Пифагор); появилась формальная логика с ее силлогизмами (Аристотель). Позднее были формализованы понятия отношения (Декарт) и предиката (Готфрид Вильгельм Лейбниц). Джордж Буль из анализа логической структуры сложно сочиненных предложений извлек алгебру булевых функций. Готлоб Фреге, анализируя логические средства классической математики, ввел кванторы, формализовав тем самым понятия “все” и “существуют”. Получили развитие математическая логика (Бертран Рассел, Давид Гильберт); алгебры множеств, отношений, предикатов и предикатных операций. Весь этот арсенал средств тут же применялся к последующему, более глубокому, изучению механизмов естественного языка. В настоящее время наблюдается повышение темпов извлечения инструментария универсальной логической алгебры из естественного языка. Вместе с тем, становится ясным, что здесь мы находимся пока еще в самом начале пути.

Обнаружился и другой путь проникновения в механизм универсальной логической алгебры. Изучение естественного языка и его формальное описание позволили накопить некоторый началь-

ный инструментарий универсальной логической алгебры в виде понятий предмета и предиката, предметной и предикатной переменных, множества, декартова произведения множеств, отношения, принадлежности элемента множеству и набора элементов отношению, подстановки, замены и перестановки переменных, булевых операций над предикатами, кванторов. Начинаем строить аксиоматическую теорию этих понятий. Для формулировки их свойств, как оказывается, этих логических средств недостаточно. Приходится конструировать новые необходимые средства универсальной логической алгебры. Благодаря этому, появляются новые логические понятия для аксиоматического описания. Похоже, что здесь открывается бесконечный путь наращивания средств универсальной логической алгебры. Уже имеющийся опыт движения по этому пути показывает, что непреодолимых трудностей здесь пока не возникает. Изучение естественного языка ограничивает нас тем, что этот объект — всего лишь конечный фрагмент универсальной логической алгебры. Второй путь не имеет этого ограничения, здесь мы получаем доступ к механизмам универсальной логической алгебры любого уровня сложности. Этот путь может оказаться незаменимым при решении задачи дальнейшего совершенствования человеческого интеллекта.

Важным направлением в искусственном интеллекте является **бионика интеллекта**. Наш вуз — крупный научный центр в области бионики интеллекта. В 1967 году он основал Всеукраинский научно-технический сборник “Проблемы бионики”. Ежегодно издается два выпуска сборника. До сих пор он является единственным в мире периодическим изданием, специализирующимся исключительно в области бионики интеллекта. *Бионикой* называется наука, изучающая принципы построения и функционирования биологических систем в целях создания новой техники. Бионика устанавливает, в чем природа совершеннее современной техники, и, опираясь на добытые знания, указывает технике новые пути решения стоящих перед нею проблем. *Бионика интеллекта* ставит своей задачей изучение систем естественного интеллекта с целью использовать полученные знания при разработках техники искусственного интеллекта. Примеры объектов бионики интеллекта: знания эксперта; преобразование светового излучения в цвет органом зрения человека, зрительной картины в ее субъективный образ, естественно-языкового текста в его смысл; способность человека оценивать ситуации, принимать решения, играть в шахматы, узнавать предметы, отвечать на вопросы, доказывать теоремы, переводить тексты с одного языка на другой. В перспективе задачей бионики интеллекта может стать изучение механизмов генетического интеллекта, и прежде всего — изучение его языка. К некоторым текстам этого языка наука уже получила доступ. Это прежде всего генетические коды, передаваемые по наследству от родителей к детям, которые материально представлены структурой молекул нуклеиновых кислот. Язык генетического интеллекта имеет сложность не меньшую, чем сложность человеческого

языка. Об этом свидетельствует хотя бы длина генетического кода человека: для его записи на бумаге потребовалась бы целая библиотека из тысячи объемистых томов [10, с. 115]. Изучение строения генетических кодов и расшифровка заключенных в них знаний о системах генетического интеллекта относится к компетенции молекулярной биологии и геномной инженерии.

В заключение остановлюсь на **научных разработках в области искусственного интеллекта**. Мною и моими последователями ведутся работы по трем направлениям: *техника интеллекта*, *физика интеллекта* и *математика интеллекта*. Техника интеллекта занимается созданием средств машинного интеллекта; физика интеллекта изучает уже существующие интеллектуальные системы как естественные, так и искусственные; математика интеллекта разрабатывает формальный язык, используемый при синтезе и анализе интеллектуальных систем. Математика интеллекта черпает свои задачи из техники и физики интеллекта, кроме того, она следует логике собственного развития. В настоящее время развитие математики интеллекта подвело технику интеллекта вплотную к созданию вычислительных машин нового типа — машин, построенных на принципе действия мозга человека. В перспективе это сулит многократное повышение производительности вычислительной техники (по некоторым подсчетам — до  $10^{12}$  раз). Компьютеры, используемые ныне, — это машины последовательного действия. Хотя их схемы состоят из огромного числа электронных элементов, тем не менее в каждый момент времени фактически работает лишь небольшая часть из них. Между тем электронные элементы вполне могут работать все одновременно как в радиоприемнике или телевизоре. Мозг же человека — это система параллельного действия, все его элементы, в роли которых выступают нервные клетки, работают одновременно. Отдельные клетки мозга действуют неизмеримо медленнее, чем электронные элементы вычислительной машины, по числу элементов мозг и компьютер соизмеримы. Однако мозг человека по своей производительности многократно превосходит любую вычислительную машину. Это происходит за счет одновременной работы всех его нервных клеток. Исследования в области математики интеллекта привели к созданию алгебры предикатных операций. Ее формулы можно реализовать в виде электронных схем параллельного действия, структура которых поразительно похожа на строение коры головного мозга человека. Вместе с этим доказано, что такие схемы универсальны, иначе говоря, они могут обеспечить любую обработку какой угодно информации. Таким образом, путь к построению вычислительных машин неизмеримо более высокой производительности открыт. Имея такие машины, можно будет кардинально повысить уровень машинного интеллекта.

Итак, машинный интеллект быстро совершенствуется, темпы его роста стремительно растут. А что же человек? Совершенствуется ли он сам? По-видимому, да. Его развитием ведаёт генетический интел-

лект. Но как быстро идет это развитие? За последние две с половиной тысячи лет человек как биологический вид заметно не изменился. Если бы какого-нибудь древнего грека-младенца можно было переместить в наше время и воспитать в цивилизованной среде, то он, вне всякого сомнения, по своим умственным и физическим показателям ничем не уступал бы современным людям. Имеет место парадоксальная ситуация: создавая и совершенствуя машинный интеллект, люди не в состоянии усовершенствовать свой собственный. Если так будет продолжаться и дальше, то через две с половиной тысячи лет человек останется таким же как сейчас, а разумные машины уйдут в своем развитии далеко вперед. Сможет ли человек при этом развитии событий управиться с такими машинами, найдет ли взаимопонимание с ними? Вряд ли. Мне импонируют соображения, высказанные по этому поводу известным московским математиком Гелием Николаевичем Поваровым в его предисловии к книге Винера “Кибернетика”. Он пишет: “Альтернатива “человек или робот”, “опасное развитие искусственного разума или своевременный отказ от него”, чем ограничивается большинство авторов, имеет третье, более необычайное и, пожалуй, более вероятное решение, если только искусственный разум и искусственная жизнь вообще возможны. Человек, научившийся создавать искусственный разум и искусственную жизнь, не остановится перед коренной переделкой самого себя. Не роботы вместо людей, а новый человек вместо старого! Человек будущего вряд ли останется таким же “натуральным” существом, таким же теплокровным позвоночным, каким он вышел из горнила естественного отбора. Почти наверное он будет искусственно развивать свой мозг и свое тело, будет по воле лепить и изменять свою физическую оболочку. Ему по силам быть впереди любого возможного робота. Это будет биологическая революция, и если смелые гипотезы оправдаются, она будет означать преобразование всего человеческого существования. Быть может, далекий смысл “безумной” винеровской идеи о передаче человека по телеграфу и есть достижение человеком перевоплощаемости? Позволим себе минуту фантазии: не станет ли тогда человек новым могущественным космическим существом, свободным от земных ограничений? Есть ли абсолютная граница могущества и сложности для человека и его творений, абсолютная граница могущества и сложности для

саморазвивающихся систем вообще?... Впрочем, это вопросы для науки будущего, на которые она сумеет ответить лучше нас.” [1, с. 26-7].

Заканчивая свое сообщение, упомяну те научные работы, которые были выполнены мною и моими последователями. Изучались механизмы зрительного, слухового, осязательного и вкусового восприятия, распознавания объектов, оценивания ситуаций, понимания текстов, строились их математические модели. Чтобы такое изучение стало возможным, пришлось предварительно разрабатывать *методы косвенной идентификации — компараторной и логической*, а также *алгебру предикатов и алгебры предикатных операций*. Параллельно строилась *аксиоматическая теория алгебро-логических понятий*, в результате были разработаны *теория идей, теория логических и обобщенных пространств, теория линейных предикатов и линейных логических операторов, теория многослойной декомпозиции предикатов*. Результаты этих разработок используются на практике для ускорения процессов компьютеризации и информатизации. Фронт работ постепенно расширяется. В качестве главного направления дальнейших изысканий для себя я планирую опережающую разработку универсальной логической алгебры с ее приложениями в технике и физике интеллекта. Цель разработок искусственного интеллекта заключается, как я себе представляю, в самосовершенствовании человека.

**Литература:** 1. *Винер Н.* Кибернетика. 2-е изд. М.: Сов. радио, 1968. 325 с. 2. *Декарт Р.* Избранные произведения. М.: Госполитиздат, 1950. 710 с. 3. *Краткий философский словарь.* М.: Госполитиздат, 1954. 703 с. 4. *Тьюринг А.* Может ли машина мыслить? М.: Физматгиз, 1960. 5. *Винер Н.* Кибернетика и общество. М.: ИЛ, 1958. 6. *Винер Н.* Творец и робот. М.: Прогресс, 1966. 103 с. 7. *Возможное и невозможное в кибернетике.* Сб. статей. М.: Наука, 1964. 8. *Кибернетика ожидаемая и кибернетика неожиданная.* Сборник. М.: Наука, 1968. 9. *Максимович Г.* Беседы с академиком В. Глушковым. М.: “Молодая гвардия”, 1976. 205 с. 10. *Кендрью Д.* Нить жизни. М.: Мир, 1968. 121 с.

Поступила в редколлегия 06.09.2002

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Хаханов В.И.

**Шабанов-Кушнарченко Юрий Петрович,** д-р техн. наук, профессор кафедры программного обеспечения ЭВМ ХНУРЭ. Научные интересы: логическая математика, теория интеллекта, искусственный интеллект. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-94-46.