

Ю.П. Шабанов-Кушнарченко<sup>1</sup>, С.Ю. Шабанов-Кушнарченко<sup>1</sup>, Л.В. Шабанова-Кушнарченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харьковський національний університет радіоелектроніки, Харків

<sup>2</sup> Національний технічний університет «ХПІ», Харків

## О ПЕРСПЕКТИВАХ ТЕОРИИ ИНТЕЛЛЕКТА

*В работе обсуждаются перспективы и актуальные направления развития теории искусственного интеллекта. Показана необходимость разработки бионики – науки, изучающей существующие в природе механизмы и явления интеллектуальной деятельности. Обоснована целесообразность применения аппарата алгебры конечных предикатов и метода сравнения.*

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, бионика, алгебра конечных предикатов, метод сравнения.

### Введение

Характеристика ЭВМ как «ученых идиотов», данная Шенноном на заре развития вычислительной техники, остается пока в силе и сегодня. Основные проблемы, перед которыми разработчики искусственного интеллекта (ИИ) остановились в 50-е годы прошлого века, до сих пор не преодолены. Компьютеры пока не мыслят и нет надежд на то, что у них в обозримом будущем появятся проблески разума, если события и дальше будут развиваться подобным образом. Ощущение такое, что техника ИИ стоит перед неприступной стеной, обход которой совершенно невозможен. И дело здесь не в слабости технических возможностей современных компьютеров, а в несовершенстве функциональной организации существующих систем ИИ.

История развития науки свидетельствует о том, что качественным сдвигам после длительного периода застоя обычно предшествует изменение точки зрения на предмет исследования. Думается, что и в области ИИ прорыв может быть обеспечен при новом подходе к проблеме. Такой новый подход, по нашему мнению, может дать бионика. До сих пор умственные способности машины развивались почти исключительно за счет новых технических решений. Разработчики автоматических информационных систем лишь в крайне незначительной степени используют уже существующие в природе механизмы и явления интеллектуальной деятельности.

При сложившемся положении надо опираться также и на те решения, которые накопила природа, изучать закономерности естественного интеллекта. Ведь все те умственные способности, которые желательно привить машине, уже имеются у человека, причем в достаточно развитом виде, и неразумно пренебрегать этой подсказкой природы. Это тем более необходимо, что никакой другой интеллект, кроме человеческого, пока науке недоступен. Можно с большой степенью уверенности утверждать, что нет двух различных видов интеллекта – машин-

ного и человеческого, законы интеллекта одинаковы вне зависимости от того, кому он принадлежит.

Ядерная энергетика не достигла бы многого, если бы она не опиралась на открытия физики, а космонавтика – на достижения механики и других естественных наук. Все преуспевающие области техники опираются на изучение соответствующих законов природы. Только одна техника ИИ этого не делает, и на этом сильно проигрывает. Систематические исследования человеческого интеллекта, конечно, потребуют огромных усилий и средств, однако и в других областях науки и техники охотно идут на это и находят такой способ действий очень выгодным. Все же лучше ценой больших усилий и затрат медленно двигаться вперед, чем десятилетиями топтаться на одном месте.

### 1. Формальный аппарат теории интеллекта

Наука, изучающая механизмы естественного интеллекта с целью использования добытых знаний для создания систем ИИ, называется теорией интеллекта [1]. Один из пионеров в области ИИ Нильсон писал: «Если бы такую теорию интеллекта можно было бы создать, то с ее помощью можно было бы направленно вести разработку интеллектуальных машин» [2]. Теория интеллекта – это не техника, это область естествознания, физики. Имеется физический объект – человек с его интеллектом. Требуется математически описать законы, управляющие интеллектуальной деятельностью человека. Требование математического оформления результатов исследования для теории интеллекта обязательно, поскольку словесные неформализованные описания умственных способностей человека, которые дает психологическая наука, нельзя передать машине; человек их понимает, но компьютер может усвоить только полностью формализованные знания.

Чтобы ответить на вопросы – как достичь прогресса в разработке теории интеллекта, в каких направлениях ее развивать, полезно учесть опыт физи-

ки. Фізика польгується хорошо развитим математическим апаратом, котрий спеціально для неї розробається цілою армією математиків. Открываемые в физике законы описываются в виде математических уравнений, которыми задаются определенные отношения. Кроме того, математики разрабатывают методы решения уравнений. Решая уравнения относительно тех или иных переменных, получают описание соответствующих физических процессов. Аналогично этому в теории интеллекта можно ставить задачу разработки специального математического аппарата уравнений для описания законов интеллекта и аппарата функций для описания интеллектуальной деятельности.

Представляется, что для теории интеллекта прежде всего необходим математический аппарат. Быть может, для нее подойдет математический аппарат, используемый в физике? А там используется непрерывная (континуальная) математика. Для каких-то периферийных задач теории интеллекта континуальная математика наверняка подойдет. Так, например, на языке интегрального исчисления удобно описывать работу органов чувств [3]. Однако ясно, что главной опорой для теории интеллекта такой аппарат стать не может. Дело в том, что интеллект – инструмент универсальный, и для своего формального описания он, естественно, нуждается в универсальном математическом аппарате. Аппарат же вещественных функций, дифференциального и интегрального исчисления, созданный для нужд физики, весьма специален, он явно не обладает свойством универсальности. Но может быть, подойдет аппарат дискретной (счетной) математики, разработанный теорией алгоритмов и автоматов? Однако этот математический аппарат тоже не универсален, о чем свидетельствует теорема Геделя о неполноте. Об эту теорему в свое время разбилась программа Гильберта создания теории доказательств на базе счетной математики. Теорию доказательств Гильберт понимал, как науку о правилах, согласно которым действует наше мышление, т.е. по существу, как теорию интеллекта.

Означает ли это, что универсальный математический аппарат, необходимый для теории интеллекта, вообще возможен? Гильберт с таким выводом не соглашается. Он пишет: «...возникшее на определенное время мнение, будто из результатов Геделя следует неосуществимость моей теории доказательств, является заблуждением. Этот результат на самом деле показывает только то, что "...финитная точка зрения должна быть использована некоторым более сильным образом..."» [4]. В этом высказывании мы усматриваем призыв к переходу от счетной математики к конечной. В другом месте [5] Гильберт пишет: «Общий вывод таков: бесконечное нигде не реализуется. Его нет в природе, и оно недо-

пустимо как основа нашего разумного мышления, – здесь мы имеем замечательную гармонию между бытием и мышлением».

Теорема Геделя о неполноте на конечную математику не распространяется, поэтому последняя свободна от ограничений, которым подвержена счетная математика. Отсюда принудительно вытекает вывод: именно конечная математика представляет собой тот единственно возможный универсальный язык формального описания, который так необходим для теории интеллекта. Сказанное вовсе не означает, что континуальная или счетная математика неприменима в теории интеллекта. Она применима, но не в качестве универсального средства формального описания интеллектуальной деятельности человека. Так, например, с помощью интегралов можно описать преобразование зрительной системой человека светового излучения в цветовое ощущение.

С прикладной точки зрения язык конечной математики тоже представляется вполне приемлемым, так как любые системы ИИ имеют конечную сложность. С их помощью можно практически воспроизвести лишь те интеллектуальные процессы, которые допускают математическое описание на языке конечной математики. Итак, останавливаемся на конечной математике в роли универсального языка теории интеллекта. Но в виде какой конкретной алгебраической системы она должна использоваться в теории интеллекта? Для этой цели можно использовать алгебру конечных предикатов (АКП) [1]. АКП полна, т.е. на языке АКП можно записать любое конечное отношение и любую конечную функцию. Это означает, что на языке АКП можно выразить любой закон интеллекта и любую интеллектуальную деятельность, реализуемую компьютером.

Все то, что можно выразить на языке АКП, можно также практически воспроизвести на ЭВМ. И обратно – все то, что можно реализовать на ЭВМ, можно также записать на языке АКП. Вывод о приемлемости для теории интеллекта АКП подкрепляется еще и тем, что к АКП ведут буквально все пути. Так, если язык теории графов дополнить формульным аппаратом, то в результате получаем АКП. Если алгебру логики обобщить и перейти от двоичных переменных к буквенными, – тоже получаем АКП. Если многозначную логику дополнить языком для записи отношений, – снова приходим к АКП. Наконец, если взять конечный фрагмент логики предикатов и алгебраизировать его, то и в этом случае приходим к той же АКП.

Очень важно то, что АКП служит для теории интеллекта не только формальным языком описания законов интеллекта и интеллектуальной деятельности человека. Ее роль оказывается гораздо более значительной. Без преувеличения можно сказать,

что АКП в действии – это и есть интеллект. Структуры АКП выражают самую суть интеллектуальных процессов и явления, они допускают непосредственную интерпретацию в психологических терминах. Так, формулы АКП можно непосредственно интерпретировать как фразы естественного языка; предикаты, обозначаемые формулами, – как мысли человека; операции над предикатами – как мыслительную деятельность человека. Уравнения АКП интерпретируются как законы мышления. Минимизация формул непосредственно связывается с лаконизмом речи. Декомпозиция формул соответствует расчленению текста на отдельные предложения в процессе речи.

Предикаты различных порядков соответствуют понятиям различного уровня абстрактности. Решение уравнений АКП можно трактовать как творческую деятельность человека. Благодаря наличию такой широкой содержательной интерпретации, даже чисто математическая разработка АКП позволяет продвигать вперед разработку теории интеллекта. Минимизация, декомпозиция, решение уравнений, тождественное преобразование формул – это важные задачи теории интеллекта. В данной области уже сейчас имеются существенные результаты.

Другая важная проблема теории интеллекта, которая также поддается сравнительно легкой и быстрой разработке, заключается в формальном описании математических понятий, используемых людьми в своей интеллектуальной деятельности. Любое математическое понятие, переведенное на язык АКП, немедленно становится доступным для систем ИИ. Уже описаны базовые понятия математики, такие как принадлежность элемента множеству, равенство и включение множеств, декартово произведение множеств. Описание же таких математических объектов как непрерывность, интеграл, производная, т.е. понятий континуальной математики, практически еще не начиналось. Выражение понятий континуальной и счетной математики на языке конечной математики вполне осуществимо. О возможности этого в свое время писал еще Гильберт [5]. Когда все эти работы будут доведены до конца, вычислительные системы смогут оперировать математическими понятиями столь же легко и свободно, как это делает человек.

АКП приносит свои плоды и в такой, казалось бы, устоявшейся области, как синтез схем ЭВМ [6]. До сих пор математической основой такого синтеза служила двоичная алгебра логики. Оказывается, синтез схем можно вести также и на базе буквенной АКП. Схемы получают широко распараллеленными, их структура напоминает строение нейронных ансамблей, которые нейрофизиологи находят в мозге животных и человека. Возникает множество интересных задач, связанных с разработкой методов

синтеза схем на базе АКП. К ним, в частности, относятся синтез схем, реализующих частичные алфавитные операторы, синтез вполне конечных автоматов, разработка специализированных схем для автоматической обработки текстов.

АКП наводит на определенные размышления и по поводу методов программирования будущих вычислительных машин. Если мысли – это конечные предикаты, а мыслительная деятельность – процесс решения уравнений АКП, то отсюда вытекает возможность полного отказа от внешнего программирования вычислительных машин. Для того, чтобы человек мог решать определенные задачи, например, школьник мог решать задачи по физике, нет надобности каждый раз снабжать его специальной программой действия. Школьнику лишь сообщаются условия задачи: например, из пункта А в пункт В выехал велосипедист, расстояние такое-то, время такое-то и т.д., т.е. школьнику сообщаются только связи, присутствующие в задаче, иными словами, ему задается некоторая система отношений. Эти отношения школьник переводит на язык алгебраических уравнений, а затем решает полученные уравнения и таким способом приходит к решению задачи. У школьника имеется «внутреннее программное обеспечение» в виде умения составлять уравнения и решать их, что вполне достаточно для решения задачи.

Если следовать этой аналогии, то вычислительную машину достаточно будет снабдить только внутренним программным обеспечением, которое могло бы переводить условия задачи, поступающее в машину, с естественного языка, удобного человеку, на язык уравнений, удобный машине, и могло бы решать получаемые уравнения. При этом никакие другие программы пользователю ЭВМ не потребуются. При таком подходе мощь систем машинного интеллекта будет определяться лишь тем, какова предельная сложность уравнений АКП, которые способны эффективно обработать данная система машинного интеллекта.

Описанный подход к программированию порождает массу интереснейших задач. Нужно, к примеру, научиться выражать на языке АКП отношения, заключенные во фразах естественного языка, а также смысл слов и понятий, которыми пользуется человек. Важна и обратная задача: научиться переводить выражения АКП на естественный язык, транслировать формулы с высокого уровня абстракции на более низкий и наоборот.

## 2. Метод сравнения

Одна из важнейших задач теории интеллекта состоит в том, чтобы суметь добраться физическими методами до субъективных состояний человека. Мысли человека, его ощущения, восприятия, пред-

ставлення – все это субъективные состояния. Точные знания о них необходимы в теории интеллекта. Но субъективные состояния человека идеальны, нет возможности их физического измерения. Если окажется, что мысли, восприятия и представления человека недоступны объективному исследованию, то вся теория интеллекта повисает в воздухе, становится бездоказательной. Например, выше утверждалось, что мысли – это не что иное, как конечные предикаты. Но если этого нельзя будет доказать физическим экспериментом, то все подобные заявления останутся всего лишь предположениями.

К счастью, теория интеллекта располагает общим методом объективного физического изучения психологических состояний человека, в том числе его ощущений, восприятий, представлений, понятий и мыслей. Это – метод сравнения [3], который основан на понятии конечного предиката.

Согласно этому методу сам человек выполняет роль экспериментальной установки. В опыте испытуемому предъявляются внешние физические предметы – зрительные картины, звуки, фразы, тексты и т.п. Испытуемый их воспринимает и реагирует на них двоичным ответом «да» или «нет», руководствуясь специальным заданием исследователя. Этим своим поведением испытуемый реализует некоторый конечный предикат. Свойства этого предиката экспериментально изучаются и математически формулируются.

Исследователь всегда может дать такое задание испытуемому, чтобы из свойств реализуемого им предиката можно было логически вывести математическое описание изучаемых субъективных состояний испытуемого, а также найти вид функции, лежащей в основе преобразования физических предметов в порождаемые ими субъективные образы.

## Выводы

Таким образом, параметры внутреннего мира человека могут быть объективно, хотя и косвенно, измерены. Именно таким путем было, например,

установлено, что цветовые ощущения человека можно формально представить в виде трех чисел, которые получаются в результате интегрирования спектров соответствующих световых излучений с определенными весовыми функциями. Точно так же можно доказать, что наши мысли – это конечные предикаты вполне определенного вида и найти вид функций, преобразующей тексты в соответствующие им мысли. Некоторые результаты на этом пути уже получены.

Вообще, как показывает история развития науки, любое физическое исследование, имеющее целью математическое описание законов природы, всегда дается ценой очень большого труда. Другого пути, к сожалению, в науке нет. Этим же ограничениям подвержены и исследования в области теории интеллекта. Преодолеть эти ограничения можно лишь расширением фронта работ в данной области. Как показывает опыт уже проведенных исследований, такое расширение вполне возможно.

## Список литературы

1. Шабанов-Кушнаренко Ю.П. Теория интеллекта. Математические средства. - Х.: «Вища школа». Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. – 142 с.
2. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта. - М.: Книга по Требованию, 2012. – 369 с.
3. Шабанов-Кушнаренко Ю.П. Теория интеллекта. Проблемы и перспективы. Монография – Х.: «Вища школа». Изд-во при Харьк. ун-те, 1987. – 160 с.
4. Гильберт Д., Бернайс П. Основания математики. Логические исчисления и формализация арифметики. - М.: Наука, 1979. – 560 с.
5. Гильберт Д. Основания геометрии. - М.: Книга по Требованию, 2012. – 184 с.
6. Шабанов-Кушнаренко Ю.П. Теория интеллекта. Технические средства. - Х.: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 134 с.

Надійшла до редколегії 28.08.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. І.В. Шостак, Національний аерокосмічний університет імені М.С. Жуковського «ХАІ», Харків.

## О ПЕРСПЕКТИВАХ ТЕОРИИ ИНТЕЛЕКТУ

Ю.П. Шабанов-Кушнаренко, С.Ю. Шабанов-Кушнаренко, Л.В. Шабанова-Кушнаренко

*У роботі обговорюються перспективи і актуальні напрями розвитку теорії штучного інтелекту. Показана необхідність розробки біоніки - науки, що вивчає існуючі в природі механізми і явища інтелектуальної діяльності. Обґрунтована доцільність застосування апарату алгебри скінченних предикатів і методу порівняння.*

**Ключові слова:** штучний інтелект, біоніка, алгебра скінченних предикатів, метод порівняння.

## ABOUT THE THEORY OF INTELLECT PROSPECTS

Yu.P. Shabanov-Kushnarenko, S.Yu. Shabanov-Kushnarenko, L.V. Shabanova-Kushnarenko

*Prospects and actual directions of artificial intelligence theory development come into question in-process. The necessity of development of bionics is shown - science studying existing in the wild mechanisms and phenomena of intellectual activity. Expediency of finite predicates algebra apparatus and method of comparison application is reasonable.*

**Keywords:** artificial intelligence, bionics, algebra of finite predicates, method of comparison.