

ния с выделенной переменной $\langle y \rangle$ также не позволит получить противоречие в выводе с использованием этой аксиомной схемы при замене $F(x)$ на $x \notin x$.

Проводимый анализ вселяет в нас надежду систематическим образом разработать прикладное исчисление предикатов с отношением « \in » (принадлежности), включающим в свои постулаты как обычные индивидуальные переменные, так и выделенные переменные.

Возможно, что аналогично тому, как проникновение во внутреннюю структуру пропозициональной переменной породило более богатую по своим дедуктивным возможностям первопорядковую логику предикатов и широко раздвинуло область логического, так и проникновение в структуру выделенной переменной и установление корректных правил обращения с ней расширит дедуктивные возможности формальной логики и также раздвинет горизонты логического.

¹ Френкель А., Бар-Хиллел И. Основания теории множеств. М., 1966. С. 171—173.

² Там же. С. 172.

³ См.: Клини С. Математическая логика. М., 1973. С. 221—222.

⁴ Френкель А., Бар-Хиллел И. Указ. соч. С. 24—26.

⁵ Ханагов А. А. Существуют ли в формальной логике парадоксы?// Природа. 1978. № 10.

⁶ Более подробно о принципах конструирования математических понятий в пространстве и времени можно прочитать в нашей статье «И. Кант и проблема обоснования нетривиального теоретического знания» (Философские науки. 1981. № 3).

⁷ Смирнов В. А. Формальный вывод и логические исчисления. М., 1972.

«КРИТИКА ЧИСТОГО РАЗУМА» И СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

В. Н. Брюшинкин

(Калининградский государственный университет)

В последние годы категория «знание» попала в фокус теоретических и практических исследований по «искусственному интеллекту». Новая роль этого понятия открыла неожиданные перспективы для приложения философских концепций. Философы получили возможность перейти от комментирования и критики к конструктивному вкладу в теорию «искусственного интеллекта» (ИИ). Сейчас нет более богатых моделей знаний, их получения и функционирования, чем те, что наработаны в классических и современных философских концепциях. Однако этот колоссальный массив знаний о знаниях хранится в форме, совершенно не приспособленной для применения в системах ИИ в силу своеобразия языка философии, трудностей извлечения из отдельных концепций необходимой информации, зависимости философских знаний от культурно-исторического контекста.

Поэтому важной задачей для философа становится ныне перевод философских знаний о структуре и функционировании интеллекта в «процедурную» форму, т. е. в форму, непосредственно приспособленную для включения в круг исследований по конструированию интеллектуальных систем. В этой статье я попытаюсь приступить к решению поставленной задачи на материале Кантовой философии.

Почему важно обращение к Канту? До сих пор в исследованиях по ИИ, за небольшими исключениями, господствует идеология эмпиризма с характерным для нее пониманием интеллекта как *tabula rasa*. В чрезвычайно популярных в первые десятилетия развития ИИ исследованиях по моделированию нейронных сетей идеология эмпиризма выразилась в идее самоорганизации, согласно которой закономерные связи в нейронной сети порождаются из первоначального множества случайных связей под воздействием некоторого индуктивного процесса, в частности, обучения на примерах. О «живучести» эмпиристской концепции в исследованиях по ИИ свидетельствует, к примеру, недавняя попытка построения интеллектуальной системы, основывающейся на автономном процессе обучения, «в результате которого в общем потоке информации, поступающей из внешнего мира, постепенно выявляются те устойчивые сочетания элементов, их свойств и отношений, в терминах которых описываются закономерности мира, используемые потом при организации поведения. Заранее невозможно установить, какие из элементов войдут в описание закономерностей.»¹. Не случайно подобная установка вполне в духе философии эмпиризма приводит к необходимости «практически мгновенной обработки громадных массивов данных»².

Тем не менее уже в 60-х годах в рамках исследований по распознаванию образов возникла другая стратегия моделирования функций интеллекта. М. М. Бонгард, к примеру, утверждал, что необходимо придумать систему, которая, «имея состояния, имитирующие человека, имела бы сверх того относительно мало других состояний. Именно придумать, ибо надежда, что такая система организуется сама, не более обоснованна, чем надежда на то, что, бросив в ящик куски металла и набор инструментов, после долгой тряски мы вынем из ящика хорошо работающие часы»³. Нетрудно заметить, что стремление *придумать* такую систему сразу же приводит к *рационалистской* ориентации вместе со всеми ее внутренними неувязками, главной из которых является невозможность без некоторой формы пре-дустановленной гармонии согласовать результаты, полученные рациональным путем, с опытом.

Эффективно работающая интеллектуальная система, таким образом, должна сочетать в себе высокую степень первоначальной организации с чувствительностью к опыту, т. е. должна включать в себя только такие рациональные принципы, которые

заранее согласованы с опытом и могут помочь нам в его обработке и интерпретации. Именно такой пример сочетания опытной и рациональной компонент нашего знания мы встречаем в философии Канта, в которой познавательная способность человека управляется рациональными принципами, которые или обуславливают самую возможность опыта, или обладают ясными ограничениями, устранивающими их применение вне пределов возможного опыта.

Структура познавательной способности и макроархитектура интеллектуальных систем

В последнее время многие специалисты по ИИ пришли к заключению, что для построения эффективных интеллектуальных систем необходимо взаимодействие различных способов представления и различных методов обработки знаний, применяемых к решению одной и той же задачи⁴. К способам представления знаний относятся, например, исчисление предикатов первого порядка, системы фреймов, схем, сценариев, семантические сети и т. п., к методам обработки знаний — универсальные (метод резолюций, обратный метод Маслова) и проблемно- (предметно-) ориентированные (к примеру, экспертные правила). Отсюда возникает проблема *макроархитектуры* интеллектуальной системы: каким образом организовать взаимодействие различных способов представления знаний и методов обработки знаний, чтобы обеспечить наиболее эффективную работу интеллектуальной системы?

Главной проблемой современного этапа исследований по ИИ является построение систем, способных совершать действия с объектами в реальном масштабе пространства-времени (роботика), и систем-консультантов в определенных предметных областях, сравнимых по возможностям с людьми — специалистами в данной области знаний (экспертные системы). В отличие от первых систем ИИ, базировавшихся на универсальных (синтаксических) методах обработки информации, эти системы принимают во внимание семантический и прагматический аспекты, т. е. основываются уже на знаниях о рассматриваемой предметной области. Структуры данных превращаются в знания, как только данные отторгаются от конкретной задачи, решаемой в данный момент, и могут быть вызваны в любой момент по желанию пользователя. Поскольку эти структуры оторваны от конкретной задачи, они должны иметь внутреннюю интерпретацию на некоторой системе объектов и их отношений. В результате в интеллектуальной системе возникает внутренняя репрезентация исследуемой предметной области, которую обычно называют *моделью мира* данной интеллектуальной системы.

Если же робот предназначен действовать в изменяющемся мире, а экспертная система — совершенствоваться вместе с на-

коплением опыта, то нам следует предположить у интеллектуальной системы наличие способности к изменению ее модели мира, т. е. изменению знаний о предметной области. Но тогда одних только знаний о предметной области недостаточно для успешного решения задач в динамическом мире. Нужны знания о том, как изменять имеющиеся знания или хотя бы обогащать их. Этот последний вид знаний получил название *метазнаний*.

В таком случае макроархитектура автономной интеллектуальной системы, действующей с объектами некоторой предметной области *M* или работающей со знаниями о них, приобретает следующий вид:

МЕТАЗНАНИЯ
СТРУКТУРЫ ЗНАНИЙ ОБ ОБЪЕКТАХ ИЗ *M*
И ИХ ОТНОШЕНИЯХ
СПОСОБЫ ОПОЗНАНИЯ ОБЪЕКТОВ
И/ИЛИ ДЕЙСТВИЯ С ОБЪЕКТАМИ

Такое понимание макроархитектуры интеллектуальной системы делает возможным, а на мой взгляд, и необходимым, обращение к трансцендентальной философии Канта, в которой подробно разработаны способы взаимодействия между уровнями познавательной способности, в первом приближении аналогичным только что выделенным уровням макроархитектуры интеллектуальной системы.

Какова же структура познавательной способности (*Erkenntnisvermögen*) по Канту? В самом общем плане познавательная способность делится на два «ствола»: *чувственность*, связанную с восприимчивостью субъекта к воздействиям внешнего мира, и рассудок, представляющий собой рациональную деятельность по обработке данных, поставляемых чувственностью. В свою очередь, рассудок разделяется на две различные способности: *разум* и собственно *рассудок*. В дальнейшем употребляя последний термин, я всегда буду иметь в виду рассудок во втором смысле. Итак, в первом приближении можно представить себе структуру познавательной способности по Канту в виде следующей схемы:

РАЗУМ
РАССУДОК
ЧУВСТВЕННОСТЬ

Рассмотрим содержание этих уровней познавательной способности. Чувственность есть множество созерцаний (априорных или эмпирических). Ощущения, входящие в эмпирические созерцания, дают материю опыта, априорные созерцания — предварительную организацию опыта в пространстве и времени. Дальнейшая организация опыта является функцией рассудка. Рассудок, по Канту, можно охарактеризовать как способность к порождению правил, упорядочивающих чувственность. Продуктом деятельности рассудка является знание о мире чувственности, выражающееся в форме суждений субъектно-предикат-

ной структуры. Рассудок — главный уровень познавательной способности в том смысле, что именно на этом уровне происходит синтез знаний. Разум не является самостоятельной познавательной способностью, т. е. сам не порождает знаний, а представляет собой систему трансцендентальных идей, играющих в синтезе рассудка регулятивную роль и дающих этому синтезу цель. Продуктом деятельности разума оказывается систематичность знания. Однопорядковость разума и рассудка выражается в том, что они оба представляют собой способность давать правила: рассудок для чувственности, а разум для рассудка. Вместе с тем их функции по отношению к чувственности существенно различны. Если понятия рассудка, соединяясь с чувственными созерцаниями, дают знания, то понятиям разума вообще не может соответствовать никакой предмет чувственности. Это различие отношений разума и рассудка к чувственности свидетельствует о существенности для Канта идеи *иерархии* трех несводимых друг к другу уровней познавательной способности. Идея иерархии позволяет ограничить возможность возникновения трансцендентальной видимости, поскольку трансцендентный или имманентный способы применения идей разума зависят от того, «направляем ли мы идею прямо на якобы соответствующий ей предмет или только на применение рассудка вообще к предметам, с которыми он имеет дело» (3, 552).

При таком подходе очевидна аналогия между структурой познавательной способности и тем, что я назвал макроархитектурой систем ИИ. РАЗУМУ в таком случае соответствуют МЕТАЗНАНИЯ, РАССУДКУ — СТРУКТУРЫ ЗНАНИЙ ОБ ОБЪЕКТАХ И ИХ ОТНОШЕНИЯХ, а ЧУВСТВЕННОСТИ — СПОСОБЫ ОПОЗНАНИЯ ОБЪЕКТОВ. Уже эта не очень богатая аналогия позволит высказать некоторые, на мой взгляд, принципиальные соображения о способах построения интеллектуальных систем.

Кантов способ построения интеллектуальных систем

Проведенная в предыдущем разделе аналогия позволяет нам рассмотреть, во-первых, Кантов способ формирования познавательной способности как образец для процедуры проектирования макроархитектуры интеллектуальных систем и, во-вторых, механизм работы познавательной способности как прообраз для организации работы интеллектуальной системы.

В предшествующих работах⁵ я уже обосновывал тезис о том, что трансцендентальная философия основывается на двух парадигмах: физической и логической. Правда, фрагменты физического и логического знания не входят непосредственно в ткань Кантовой трансцендентальной философии, но они образуют лежащие вне самой философии образцы, которые детерминируют

способы решения философских проблем, в частности, структуру и способ действия познавательной способности. Следует заметить, что в тексте «Критики чистого разума» можно найти явные парадигматические связи между логикой и структурой и способом работы рассудка и разума, в отношении же ньютоновской механики указаний на такие связи в тексте нет, и их приходится реконструировать.

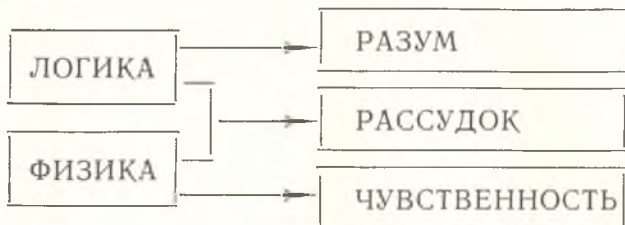
Итак, в качестве исходного материала для построения познавательной способности Кант выбирает знание двух типов: *физическое* (ньютоновская механика) и *логическое* (силлогистика и связанные с ней теории понятий и суждений⁶). Ньютоновская механика для Канта является фундаментальной теорией, описывающей устройство мира, в котором действует эмпирический субъект, а традиционная логика — главным из в то время существовавших методов обработки знаний о мире. Из взаимодействия структур знаний, свойственных указанным теориям, рождается структура познавательной способности в результате следующей процедуры.

В физическом знании выделяются две разнородные компоненты: языковые структуры, при помощи которых выражаются имеющиеся и порождаются новые знания, т. е., говоря современным языком, *способ представления* знаний и способ связи этих структур с реальностью, т. е. *способ восприятия*, делающий возможным приобретение субъектом знаний о эмпирическом мире. В способе восприятия выделяются форма и материя. Важнейшим обстоятельством, предопределившим Кантов подход к определению формы и материи восприятия, оказалось принимаемое в ньютоновской физике жесткое разделение материальных объектов и пространства и времени, истолковываемых как самостоятельно существующие «вместилища» материальных объектов. По этому образцу, встроенному в базисный фрагмент физического знания, Кант конструирует свое понимание чувственности, разделяя ее на априорную форму — созерцания пространства и времени, и апостериорное содержание — ощущения, связывающие субъекта с существующим вне его объектом. Я думаю, что здесь Кант формулирует фундаментальную для способа построения интеллектуальных систем процедуру реконструкции способа восприятия, свойственного данной системе, по принимаемому в ней базисному знанию о мире.

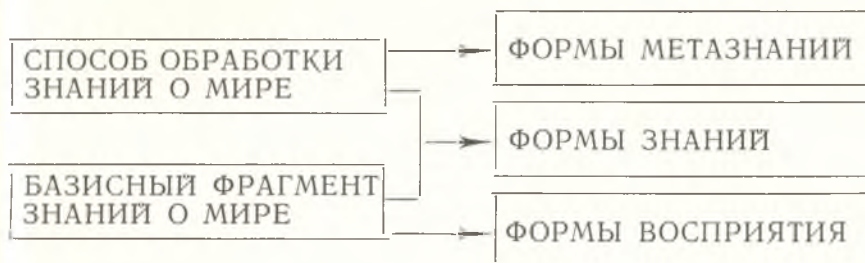
Несколько сложнее основания, по которым Кант выделяет основной способ представления знаний. Дело в том, что он должен быть не только формой выражения в базисном фрагменте (ньютоновской механике), но и согласовываться с предполагаемыми способами обработки знаний. В том типе логики, с которым работал Кант, — в традиционной логике, — основной единицей анализа знаний является суждение субъектно-предикатной структуры, так как понятия возникают как результат анализа суждений, а умозаключения состоят из суждений. Сам

Кант усиливает этот акцент на суждения, свойственный традиционной логике. Для него, например, умозаключения есть только суждения через опосредованный признак. Кстати, это соотношение между суждениями и умозаключениями оказывается парадигматическим для Кантовой трактовки соотношения рассудка и разума⁷. Отсюда следует, что выбранный Кантом первоначальный аппарат преобразования знаний приспособлен для обработки знаний в форме суждений. В то же время в ньютоновской механике законы, с одной стороны, и факты — с другой, также в конечном счете выражаются в форме суждений. Таким образом, суждение оказывается основной формой выражения знаний, согласованной со способами преобразования знаний в принятой логике. Тем самым способом представления знаний в рамках познавательной способности для Канта оказывается *суждение субъектно-предикатной структуры*. Предпочтение субъектно-предикатной структуры суждений сразу же вводит в рассмотрение проблематику понятий. В метафизической дедукции категорий Кант фактически формулирует метод перехода от способа представления знаний, свойственного данной интеллектуальной системе, к концептуальной структуре модели мира, соответствующей базисному фрагменту знаний. Схема этого перехода в общем виде такова: способ представления знаний — классификация возможных типов этого способа представления — система понятий, описывающих общую структуру модели мира. У Канта эта схема реализуется так: суждения — логическая классификация суждений — система категорий. Таким образом, Кант получает основные формы рассудка, детерминирующие структуру опыта субъекта. Предложенное истолкование Кантова метода формирования структуры познавательной способности, кстати, объясняет тот пункт философии Канта, который уже столько лет считается одним из наиболее уязвимых: выбор классификации суждений в логике в качестве основания для построения системы категорий, который обычно в гегелевской традиции философствования объявляется произвольным и случайным. Теперь ясно, что этот выбор не случаен, а необходимо связан с самим способом построения познавательной способности и способом представления знаний в этой познавательной способности.

Однако логика не сводится к теории суждений и понятий. Главная часть ее — теория логического вывода, в сознании Канта представленная умозаключениями аристотелевской силлогистики. Умозаключения стали для Канта образцом для формирования такой составляющей познавательной способности, как разум. Это в явном виде проведено в текстах самого Канта, поэтому я не буду далее обосновывать последний тезис. Отсюда получается следующая схема формирования структуры познавательной способности:



Эта схема легко обобщается так, чтобы она стала применимой к современным проблемам проектирования макроархитектуры интеллектуальных, например, экспертных, систем. Логика в таком случае обобщается до способа обработки знаний (исчисления предикатов, фреймов, выводов в семантических сетях и т. п.), а ньютоновская механика — до полученного от эксперта базисного знания о предметной области данной экспертной системы. Проведенная в предыдущем разделе аналогия между структурой познавательной способности и макроархитектурой интеллектуальной системы позволяет получить следующее обобщение Кантовой схемы:



Предложенная схема намечает общий способ проектирования интеллектуальной системы, обладающей «внутренними» возможностями расширения базисных знаний путем, в частности, рассуждений от условий возможности опыта. Эта способность к рассуждениям, основывающимся на глобальных принципах строения модели мира, поможет обеспечить такое важное свойство экспертных систем, как гибкость (робастность)⁸.

Однако вернемся к Канту. Вообще говоря, познавательная способность есть совокупность способностей человека, участвующих в порождении знаний о мире явлений (разум, рассудок, чувственность). Познавательная способность в целом и составляющие ее способности (уровни) допускают исследование с самых различных точек зрения, например, эмпирической психологии, физиологии и т. п. Однако для трансцендентального анализа важно выделить те характеристики этих способностей, которые непосредственно участвуют в расширении знаний о мире, и прежде всего их априорные формы. Поэтому структуру познавательной способности составляют *отношения априорных*

форм указанных уровней. Формами чувственности оказываются пространство и время, при помощи которых происходит первичная обработка субъектом чувственных впечатлений. Формы рассудка в отношении понятий — категории, которые служат матрицами для образования всех остальных априорных (предикабилии) и апостериорных понятий, формы рассудка в отношении способности суждения — трансцендентальные схемы категорий, которые лежат в основе применения категорий к опыту и образования синтетических априорных суждений, форма способности разума — трансцендентальные идеи, выполняющие регулятивную роль в отношении действий рассудка. Отсюда структура познавательной способности предстает в следующем виде:

АПРИОРНЫЕ ФОРМЫ	
РАЗУМ	ТРАНСЦЕНДЕНТАЛЬНЫЕ ИДЕИ
РАССУДОК	КАТЕГОРИИ ПРЕДИКАБИЛИИ
	СХЕМЫ
ЧУВСТВЕННОСТЬ	СОЗЕРЦАНИЯ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

Таким образом, по своей формальной структуре познавательная способность есть система форм понятий (идеи, категории, предикабилии), созерцаний (пространство и время) и форм соотнесения понятий и созерцаний (схемы). Поиски аналогов таких структурных форм познавательной способности, на мой взгляд, помогут продвинуться в разработке архитектуры уровней систем ИИ.

Вообще говоря, в Кантовой конструкции познавательной способности и способа ее работы можно выделить три этапа: (1) построение действительного опыта субъекта, (2) определение принципов возможности этого опыта, задающих границы возможного опыта, (3) разработка способов расширения действительного опыта субъекта по направлению к границам возможного опыта. Если обратиться к тексту «Критики чистого разума», то нетрудно заметить, что задача (1) решается в основном в «Трансцендентальной эстетике» и «Аналитике понятий», задача (2) — в «Аналитике основоположений», а задача (3) — в «Трансцендентальной диалектике», особенно в Приложении к ней под названием «О регулятивном применении идей чистого разума». Порядок решения этих задач одновременно описывает этапы конструкции *содержания* познавательной способности.

Чтобы определить перспективу дальнейшей работы в направлении, указываемом темой настоящей статьи, я сейчас проведу предварительную аналогию между этими Кантовыми понятиями и некоторыми представлениями из исследований по ИИ. *Действительный опыт* — это множество явлений с определенной на них системой отношений, диктуемых категориями рассудка.

Объекты этого опыта — явления — принадлежат не внешнему миру, а являются внутренними репрезентациями, порожаемыми конструктивной деятельностью субъекта на основе типов восприятий, встроенных в базисный фрагмент знаний. Ближайшая аналогия из области ИИ — *модель мира*, на основе которой данная интеллектуальная система строит свои рассуждения о мире и действия в нем. Таким образом, Кантова «Критика чистого разума» попадает в ряд работ о построении моделей мира в интеллектуальных системах и способах извлечения знаний из этих моделей. Выявление *принципов возможности* опыта и образование на их основе понятия возможного опыта совпадает с выявлением *глобальных принципов* строения модели мира, работа с которыми помогает повысить эффективность, например, экспертных систем на границах применения исходных экспертных правил. *Способы расширения* действительного опыта, задаваемые идеями разума в их регулятивном применении, совпадают с тем типом метазнаний, которые в системах ИИ называются *эвристиками*. Впрочем, и сам Кант прямо называет регулятивное применение трансцендентальных идей эвристическим (3, 566, 571).

Следующим шагом в разработке предложенной в этой статье темы должен стать более подробный анализ Кантовых способов решения задач (1) — (3) и интерпретация выделенных этапов конструкции и способа работы познавательной способности в терминах современных разработок по ИИ.

¹ Вайнцивайг М. Н., Полякова М. П. Механизм мышления и моделирование его работы в реальном времени // Интеллектуальные процессы и их моделирование / Под ред. Е. П. Велихова, А. В. Чернавского. М., 1987. С. 209.

² Там же.

³ Бонгард М. М. Проблема узнавания. М., 1967. С. 180.

⁴ См., например: Ленат Д. Искусственный интеллект // Современный компьютер. М., 1986. С. 174—186.

⁵ См.: Брюшинкин В. Н. 1) Парадигмы Канта: логическая форма // Кантовский сборник: Сб. науч. тр./Калинингр. ун-т. Калининград, 1985. Вып. 10. С. 30—40; 2) Кант и силлогистика. Некоторые размышления по поводу «Ложного мудрствования в четырех фигурах силлогизма» // Кантовский сборник: Сб. науч. тр./Калинингр. ун-т. Калининград, 1986. Вып. 11. С. 29—38.

⁶ Этот корпус логических теорий в наше время принято называть традиционной логикой, этому употреблению я и буду следовать.

⁷ См.: Брюшинкин В. Н. Кант и силлогистика. С. 30—33.

⁸ См.: Построение экспертных систем / Под ред. Ф. Хейес-Рот, Д. Уотерман, Д. Ленат. М., 1987. С. 57—58.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И ПРИНЦИПЫ

Л. А. Калининков

(Калининградский государственный университет)

Система Канта таит в себе все еще много непроященного для современных ее интерпретаторов, тем более странным сим-