

Искусственный Разум для автономной дискретной системы

С. А. Васильев

На сегодня нет общепринятого определения понятия «Искусственный интеллект». Возможно, поэтому и отсутствует общее решение задачи его создания. Автор этой статьи попытался «сузить» задачу, а именно рассмотреть аспекты разумного поведения автономной дискретной системы (АДС). Это позволило достичь следующих результатов:

- 1) дать строгое определение понятия «разум» для АДС;
- 2) разработать общую структуру разумной АДС и алгоритмы всех функций разума;
- 3) отработать программно все основные функции разума.

В ходе исследований выяснилось, что имеется только один вариант общего решения указанной задачи. Он находится в рамках объектно-алгоритмической модели знаний и содержит полный набор возможностей, характерных для естественного интеллекта. На сегодня не существует систем ИИ, полностью соответствующих этому общему решению. Это означает, что каждый из известных подходов имеет существенные недостатки, ограничивающие его возможности, что достаточно хорошо видно с позиций общего решения. Краткий обзор на эту тему будет сделан ниже.

На основе достигнутых результатов ведётся разработка универсальной базы знаний. Усовершенствованная объектно-алгоритмическая форма представления знаний даёт возможность соединить достоинства всех известных моделей данных в плане создания СУБД.

Интеллектуальные функции позволяют существенно расширить возможности базы знаний по сравнению с СУБД: от общения на естественном языке до выполнения творческих заданий. Универсальной базой знаний является потому, что она способна работать с любыми объектами, включая графические образы, звуковую речь и т. п., так как знания о них представлены в одной общей форме.

Разработанные теоретические положения полезны не только в технической области. Понимание общих механизмов работы Разума даст ответы на многие вопросы о его скрытых, пока, резервах.

1. Определение автономной дискретной системы (АДС)

Определение АДС приводится здесь не потому, что оно чем-то отличается от общепринятого. Это делается только для того, чтобы проследить, как общий алгоритм разума выводится из свойств нашего восприятия, про которое можно сказать следующее:

- 1) мы воспринимаем нечто, называемое нами внешним миром;
- 2) мы можем делить его на различающиеся между собой части;
- 3) эти части изменяются;
- 4) в этих частях и процессах их изменения мы можем обнаруживать сходства.

Такие понятия, как объект, процесс, свойство, связь, система, считаются достаточно хорошо определёнными. Но, всё же, имеются различия в понимании их разными людьми. Поэтому здесь приводятся определения этих понятий, прямо следующие из указанных выше гипотез. Это необходимо для достижения строгости дальнейших рассуждений.

Объект — выделенная субъектом неоднородность из окружающего нечто (часть внешней среды).

Свойство — любое сходство между объектами. Например, тепло, твердость, доброта и т. д.

Системой называется множество объектов, связанных между собой.

Связь — последовательность состояний двух элементов системы, первое состояние принадлежит одному элементу и называется **причиной**, второе состояние принадлежит второму элементу и называется **следствием**.

Важно заметить, что здесь использованы два вида структур: неупорядоченная — **множество**, и упорядоченная — **последовательность**. Других видов структур не существует.

Существование связи — это когда за причиной следует следствие, то есть смена состояния первого элемента влечет за собой соответствующее изменение состояния второго элемента.

Разрыв связи — когда следствие перестает следовать за причиной.

Состояние объекта — это множество свойств объекта, имеющих конкретные значения.

Изменение состояния объекта происходит при изменении значения хотя бы одного свойства.

Состояние системы — комбинация состояний всех элементов системы.

Процесс изменения системы — последовательность ее состояний, каждая пара соседних состояний которой представляет собой связь.

Дискретной системой называется система, имеющая конечное множество элементов, и конечное множество связей между ними.

Ясно, что любую материальную систему можно разделить на бесконечное множество составных частей и выделить между ними столько же связей. Но понятие системы строится на субъективном выделении элементов и связей, что делается из соображений пользы, достижения конкретных целей.

Будем рассматривать только те системы, которые созданы для достижения какой либо конкретной цели. Если система может достигать её без посторонней помощи, то такая система называется **автономной**.

2. Определение разумного поведения АДС

Сначала определим разумное поведение «совсем» автономной системы. Оно будет максимально общим и его легко будет применить к полезным техническим системам.

Совсем автономной системой можно назвать систему, которая сама заботится о своём существовании. Поэтому её главной целью является выживание, которое есть противоположность разрушению.

Разрушение системы — это разрыв связей между элементами, который приводит к утрате её основных признаков.

Отрицательное состояние системы — состояние, за которым может последовать разрушение системы.

Положительное состояние системы — состояние, за которым не может последовать разрушение системы.

Разумное поведение системы — способность системы самостоятельно научиться избегать попадания в отрицательные состояния.

3. Вывод структуры АДС и алгоритма её функционирования из определения разума

Структура разумной системы и общий алгоритм её поведения выводятся из приведённого выше определения разума путем строгих логических рассуждений. Строгим рассуждением является тогда, когда утверждения, его составляющие, имеют только один вариант понимания, то есть, интерпретации через факты восприятия, которые являются аксиомами. Эта интерпретация и является в логике доказательством утверждения.

Исходя из аксиом, человек воспринимает и себя и внешнюю среду в виде систем. Поэтому, техническая система искусственного разума тоже является системой. Для краткости, будем называть её субъектом восприятия. Внешняя среда является объектом её восприятия. Она связана с субъектом и поэтому своим воздействием может менять его состояние. Некоторые её влияния переводят субъекта в от-

рицательные состояния. Цель субъекта — избегать таких влияний. Что для этого нужно?

Избегать — значит не давать элементам внешней среды переходить в состояния, являющиеся причиной своих отрицательных состояний. Для этого субъект должен, во-первых, **предвидеть** наступление таких состояний внешней среды, во-вторых, правильно **воздействовать** на нее. Это уже можно считать алгоритмом Разума:

- 1) предвидеть будущее состояние внешней среды;
- 2) если оно отрицательно, то оказать нужное воздействие для исключения перехода внешней среды в это состояние.

Как это может происходить?

Внешняя среда есть система, состояние которой постоянно меняется. В соответствии с аксиомами, в этом изменении существуют закономерности. Изменение происходит посредством срабатывания связи, представляющей собой последовательность состояний. Поэтому, процесс изменения объекта представляется только последовательностью его состояний. Состояние объекта, по определению, представляет собой множество его свойств. Закономерность — это сходство между процессами, или класс процессов.

Известно, что класс процессов описывается в виде алгоритма. **Алгоритм** — последовательность управляющих структур трёх видов: элемент, разветвление с условием, цикл с условием. Элементом является либо класс процессов (алгоритм), либо класс состояний объекта.

Рассмотрим подробнее класс состояний объекта.

Из аксиом следует, что любой объект может быть представлен в виде системы, то есть множества связанных объектов. С другой стороны, дискретность означает, что в любой конкретной задаче существует предел такого деления. То есть, существует два вида объектов — сложные и простые.

Простые объекты могут иметь только множество свойств. Классом простых объектов является подмножество свойств, общих для всех объектов этого класса.

Сложные объекты, кроме множества свойств, имеют множество составных частей. Сходство между сложными объектами может со-

стоять как в общем подмножестве свойств, так и в общем подмножестве составных частей. Но это ещё не всё! Объекты — это пространственные образования, и порядок их расположения в пространстве играет большую роль. Не вызывает сомнений, что из одного и того же множества частей иногда может быть составлено несколько разных объектов только изменением пространственного расположения частей относительно друг друга.

Математическим определением пространства является упорядоченное множество одинаковых точек. Реальным аналогом такой точки может быть только простой объект. Назовём этот объект точечным.

Упорядоченность пространства означает, что точки разделены на конечное количество последовательностей, которые, в свою очередь, тоже образуют последовательности.

Таким образом, реальным аналогом пространства может быть только упорядоченное множество точечных объектов, имеющих один и тот же набор свойств. Если все эти объекты связаны с разными точками внешнего пространства, то объекты можно назвать датчиками, а их множество в целом — органом чувств. Субъект может получать информацию о внешнем пространстве только посредством органа чувств.

Теперь, исходя из этого, можно дать новое, «техническое», определение воспринимаемого субъектом объекта и выделить все возможные виды сходств между ними.

Простой объект воспринимается в виде компактного множества датчиков, имеющих одинаковое текущее состояние. Компактность множества означает, что каждая точка из этого множества имеет хотя бы одну точку из этого же множества, которая является соседней. Соседними считаются точки, следующие одна за другой в одном из возможных порядков данного пространства. Ясно, что такой простой объект не является точечным, так как он из них состоит. Но, субъективно, такой объект нельзя разделить на другие объекты, имеющие какие либо отличия между собой по свойствам. Различия могут быть только в составе: множестве составляющих точечных объектов — датчиков. Выделим все возможные виды сходств между простыми объектами.

Во-первых, сходством может быть одинаковое состояние датчиков. Назовём этот вид сходства непространственным свойством.

Во-вторых, сходством может быть общее подмножество составляющих датчиков. Назовём этот вид сходства составом. Но если рассмотреть этот вид сходства строго в соответствии с определением, то он возможен только между объектами, существующими в разное время. Действительно, объекты, имеющие сходство в составе, имеют общее подмножество датчиков. Если состояние этих датчиков одинаковое, то два объекта сливаются в одно компактное множество точек, то есть, в один простой объект. Если объекты отличаются по состоянию, то они не могут иметь общих точек.

Но упорядоченные множества имеют одно свойство: возможность циклических преобразований подмножеств. Суть этих преобразований состоит в том, что в упорядоченных множествах существует конечное количество порядков просмотра элементов (точек). Это количество больше, чем количество измерений пространства, представленного данным множеством, но оно конечно. Например, для одномерного пространства (последовательности) количество порядков просмотра равно двум: «вперёд» и «назад». Для двумерного пространства это количество равно восьми.

В общем случае для множества возможен один вид преобразований — сдвиг в рамках одного порядка просмотра. Для последовательности прибавляется ещё один — изменение порядка элементов в соответствии с другим порядком просмотра.

С учётом преобразований, сходством по составу считается наличие такого преобразования, в результате которого может появиться общее подмножество точек.

При таком понимании, сходство по составу можно найти между любыми простыми объектами, поэтому, оно малоинформативно.

Остаётся ещё одна возможность. Не будем забывать, что датчики, составляющие простой объект, изначально упорядочены. Следовательно, их можно представить в виде последовательности. Результатом сравнения разных последовательностей является алгоритм. С учётом возможности циклических преобразований, сходством между последовательностями является одинаковый результат одинаковой

последовательности преобразований, к ним применённых. Этот результат назовём пространственным свойством или формой объекта.

Итак, первый вид сходств, непространственное свойство, «оперирует» только с единичными объектами. Второй вид, сходство по составу, основан на неупорядоченном множестве. Третий вид, форма, основан на упорядоченном множестве — последовательности. Других видов структур, а, следовательно, и видов сходств, не существует.

Сложным объектом является множество простых объектов. Так как простые объекты расположены в пространстве точечных объектов, то они тоже изначально упорядочены. Если их представить в виде точечных, то для сложных объектов справедливы те же виды сходств, что и для простых. Единственным отличием является то, что сходство по составу для сложных объектов является более информативным, чем для простых. Это потому, что у простых объектов все части одинаковые, чего нельзя сказать о сложных.

Вернёмся к алгоритму разума.

Предвидение будущего состояния объекта возможно только следующим образом:

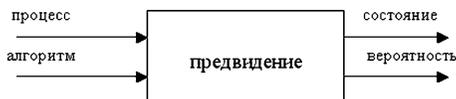
- 1) имеется алгоритм процесса изменения объекта;
- 2) текущий процесс изменения объекта сравнивается с алгоритмом;
- 3) если есть совпадение текущего процесса с начальной частью алгоритма, то есть вероятность того будущего состояния, которое следует за этой частью.

Чтобы предвидеть будущее состояние внешней среды, нужно иметь:

- 1) алгоритм процесса изменения внешней среды;
- 2) информацию о текущем изменении внешней среды;
- 3) механизм сравнения процесса с алгоритмом.

Предвидение представим в виде процедуры с входными и выходными данными.

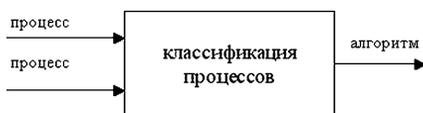
Пункты 2 и 3 реализуются просто, пункт 1 требует более подробного раскрытия.



Алгоритм процесса изменения внешней среды можно получить только путем поиска похожих частей в процессе изменения внешней среды. Для этого нужно иметь:

- 1) информацию о процессе изменения внешней среды;
- 2) механизм сравнения участков этого процесса с целью поиска в них закономерности, то есть порождающего их алгоритма.

Назовем этот механизм **классификацией процессов**.



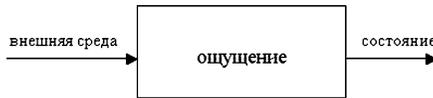
Информация о процессе изменения внешней среды представляет собой постоянно растущую последовательность состояний внешней среды. Где она растет? Конечно в памяти. То есть каждое новое состояние должно запоминаться, и в памяти они должны располагаться в последовательности своего поступления туда. Назовем эту последовательность для краткости **памятью**.

Очевидно, что субъект не может запоминать непосредственно состояния внешней среды. Запоминать можно только состояния своих элементов памяти. Для этого, каким-то образом, состоянию элементов внешней среды должно ставиться в соответствие состояние элементов памяти. Состояние элементов памяти не должно напрямую зависеть от состояния внешней среды, поэтому должны быть промежуточные элементы. Это чувствительные элементы или датчики, образующие органы чувств. Элементы внешней среды воздействуют на датчики. Комбинация состояний датчиков представляет собой информацию о состоянии внешней среды.

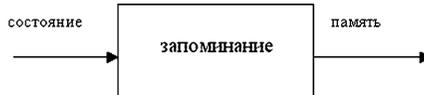
Эта информация запоминается. Возможно два случая запоминания. Первый — запоминание состояния каждого датчика. Второй —

запоминание только обработанной информации. Примем первый вариант, как более общий. Таким образом, память представляет собой последовательность отображений «мгновенных» состояний внешней среды. Каждое отображение — это множество элементов памяти, отображающих состояния всех датчиков на тот момент.

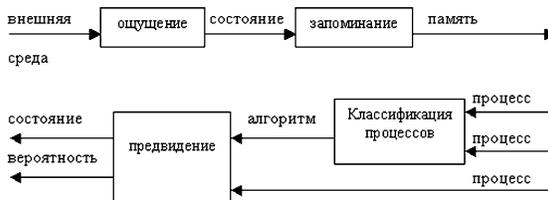
Процесс формирования отображения состояния внешней среды в органах чувств назовем **ощущением**.



Далее идет **запоминание**, в результате которого формируется память.



Имеет смысл подвести промежуточные итоги в виде объединения полученных процедур в структуру. Предварительно вспомним, что память — это процесс (точнее — это объект, интерпретируемый нами как процесс), который можно делить на части, тоже являющиеся процессами. Нельзя только переставлять состояния местами, нарушая изначальный порядок.



Детализация процедур «ощущение», «запоминание» и «предвидение» в рамках общего алгоритма не требуется. Процедуру «классификация процессов» рассмотрим немного подробнее.

Процесс — это последовательность состояний объекта. В общем случае объект является сложным и представляет собой систему. По-

этому, объект описывается тремя видами сходств: непространственные свойства, состав и форма. Форма, также как и процесс, представляет собой последовательность состояний объектов, входящих в его состав. Следовательно, для сравнения объектов по форме используется та же процедура классификации процессов. То, что одни сходства распространяются на большее количество объектов и процессов, а другие на меньшее, называется степенью абстрактности. Поэтому, классы объектов и процессов «расслаиваются» на разные уровни абстрактности. Между классами появляются отношения наследования свойств. Некоторые классы процессов (алгоритмы) используются часто, другие редко. Для ускорения поиска первые имеет смысл хранить в виде отдельного модуля. Так появляется модульность. То есть, все стандартные аспекты объектно-алгоритмической модели знаний неизбежно занимают своё место, так как они определяются, в конечном итоге, свойствами нашего восприятия.

Остается только добавить, что процедура классификации процессов достаточно сложна и рекурсивна. Рекурсивна потому, что и объект и процесс, как мы выяснили, сами по себе являются рекурсивными структурами.

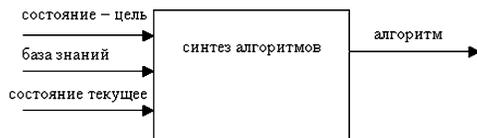
Функция предвидения в достаточном для общего алгоритма объеме рассмотрена.

Рассмотрим функцию воздействия. Субъект может воздействовать на внешнюю среду только изменением состояния своих элементов. Тех, которые непосредственно связаны с ней. Совокупность предназначенных для этого элементов назовем органами воздействия.

На данный момент субъект знает, каким будет следующее состояние внешней среды. Если оно нежелательно, то его наступление нужно предотвратить своим воздействием. Для этого, в первую очередь, необходимо знать последствия своих воздействий. Эти знания представляют собой алгоритмы взаимодействия, которые получаются в результате классификации процессов своего воздействия на внешнюю среду. Чтобы это было возможно, субъект должен запоминать не процесс изменения внешней среды, а процесс взаимодействия с ней. Добавляются действия самого субъекта в виде изменения состояний органов воздействия. Субъект, у которого нет знаний о собственных

возможностях, может совершать только случайные действия и изучать их последствия. Изучать — это запоминать и сравнивать, находя закономерности, то есть, алгоритмы.

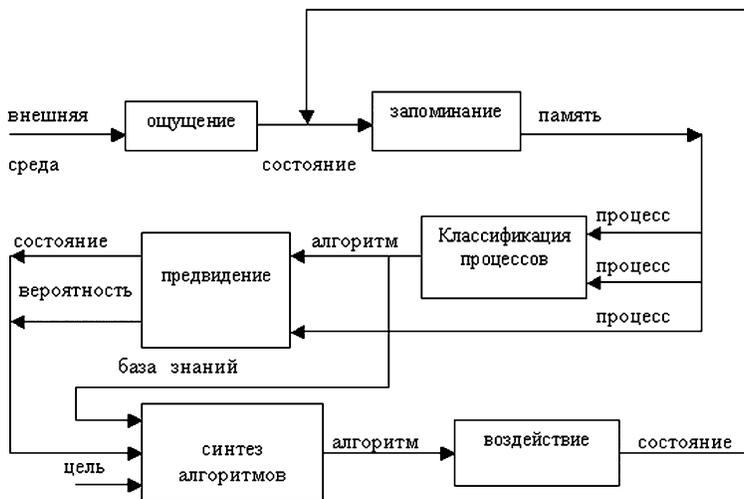
Но просто так использовать эти знания можно только в ситуациях, похожих на те, которые складывались после случайных действий. В общем случае, нужен механизм синтеза алгоритма воздействия на внешнюю среду с целью перевода ее в нужное состояние. Почему синтеза алгоритма, а не конкретного процесса? Потому, что предвидеть будущее можно только с точностью до класса состояний. А классами состояний оперируют алгоритмы, то есть классы процессов. Это уже создание новых знаний, для которого имеющихся знаний может быть недостаточно. Поэтому нужно использовать такие известные приемы, как гипотеза и эксперимент. Это активный поиск знаний или **творчество**. Назовем эту процедуру **синтезом** алгоритмов.



База знаний — множество уже созданных алгоритмов взаимодействия с внешней средой.

Теперь можно изобразить общий алгоритм Разума полностью. В соответствии с ним разумная система делает следующее. Воспринимает и запоминает воздействия внешней среды. Планирует и совершает воздействия на внешнюю среду, которые тоже запоминает. Анализирует свою память с целью поиска закономерностей, в результате чего образуется база знаний, на основе которой она и планирует свои действия. Целью ее действий является пребывание в положительном подмножестве состояний. Алгоритм получен в результате строгих рассуждений, поэтому он является **единственно возможным в приведенной выше системе определений**, заканчивающейся определением разумного поведения.

Полученный алгоритм не новый. Он, скорее всего, знаком каждому, кто размышлял о Разуме. Это действительно общий алгоритм разумного поведения системы, как оно было определено выше. И его



главным достоинством является не оригинальность, а то, что он один. Другого алгоритма, соответствующего определению разумного поведения системы, не существует.

Но общего алгоритма мало для того, чтобы разработку искусственного разума считать законченной. Однако, понимание того, что он имеет один вариант, даёт возможность сосредоточиться на разработке именно тех функций, которые его составляют.

И главной из них, ключевой функцией разума является классификация процессов, так как на основе её результатов производится и предвидение, и синтез алгоритмов достижения цели. Доказательство того, что знания могут быть представлены только в объектно-алгоритмической форме, направляет здесь по правильному пути и даёт возможность решить эту задачу.

При синтезе алгоритмов достижения цели субъект может столкнуться с проблемой нехватки знаний. Знания он получает в результате анализа своего взаимодействия с внешней средой. При этом некоторые ситуации нужно вызывать искусственно, так как сами по себе они происходят очень редко. Для этого нужны такие механизмы, как гипотеза и эксперимент. А чтобы синтезировать алгоритмы таких процессов, которых никогда ещё не происходило, знания должны

быть разделены на разные уровни абстрактности. В добавок, решение сложных задач невозможно без способности разделять их на более простые. Это предполагает наличие деления знаний на законченные смысловые единицы, связанные с символами.

Все эти задачи **решены!**

4. Краткий анализ существующих подходов в ИИ

Нейронные сети. Этот подход основан на имитации нейронов с помощью программных или аппаратных средств. Предполагается, что сеть, состоящая из множества одинаковых нейронов, будет способна выполнять интеллектуальные функции. При этом основной функцией во всех известных конструкциях искусственных нейронов является взвешивание фиксированного множества входных сигналов. В процессе обучения при помощи регулировки весовых коэффициентов нейрон настраивается на распознавание заданного множества комбинаций входных сигналов. Распознавание заключается в том, что при поступлении комбинации входных сигналов из заданного множества, входной сигнал равен 1, при всех других комбинациях он равен 0. Это функция классификации объектов по составу. В чистом виде она не способна классифицировать последовательности, а, следовательно, объекты по форме и процессы изменения объектов. Чтобы этого достичь, необходимо создать сеть с динамической структурой, в которой, при определённых условиях, могут возникать новые связи между нейронами и исчезать (блокироваться) старые. Принципиально, все алгоритмы, упомянутые выше, могут быть реализованы с помощью сетей из нейронов. Но в этой реализации нейроны должны работать в режиме логических переключателей.

Логический вывод. Средства логического вывода являются слишком абстрактными. Их можно сравнить с атомами, из которых можно построить любой организм, но не известно, как это делать. Поэтому, лучше использовать не атомы, а более крупные детали в виде молекул органических веществ. Описанный в этой работе подход, по сути,

является использованием законов логического вывода в укрупнённой среде объектно-алгоритмической модели.

Нечёткая логика. Она возникла из-за неспособности применить строгие средства логического вывода для выполнения всех функций интеллекта. Особенно, в условиях недостатка знаний и информации о конкретных объектах. Возникло мнение, что человеческий интеллект способен работать с нестрогой, многозначной логикой. Разработка алгоритма классификации процессов показала, что это не так. Все действия основаны на классической логике. Чёткая классификация предполагает отнесение объекта к одному из взаимоисключающих классов. Под нечёткостью понимается, прежде всего, нечёткость классификации объекта, то есть возможность считать его принадлежащим одновременно к нескольким из взаимоисключающих классов.

А для чего вообще нужна классификация объекта? Только для выбора соответствующего действия над этим объектом. При этом действие не может быть нечётким. Необходимо выбрать и выполнить вполне определённое действие. Оно может быть ошибочным. Ошибка приводит к корректировке знаний и так далее. Мы имеем классический инструмент гипотезы и эксперимента, который является необходимым и достаточным для выбора действий и совершенствования знаний в реальных условиях. Вполне вероятно, что все виды нечётких логик сводятся именно к нему.

Семантическая сеть. Про семантические сети можно утверждать следующее: все они в той или иной степени являются попытками укрупнить средства логического вывода, сделать их более конкретными и адекватными предметной области. Как было сказано выше, объектно-алгоритмическая модель является в этом смысле конечной целью.

5. Описание универсальной базы знаний

Итак, разработаны структура и алгоритм разума для автономной дискретной системы. Доказано, что это возможно в полной мере только в рамках объектно-алгоритмической модели представления знаний. Доказательство, по сути, строится на том, что информацию

о внешней среде дискретный субъект может получать только от органов чувств той конструкции, которая была дана выше. Это справедливо как для технической системы, так и для человека. Отсюда и возникают те четыре аксиомы в начале первого пункта.

По определению АДС — это такая система, которая существует автономно и борется за своё существование сама. К техническим системам предъявляются несколько другие требования. Они должны бороться за выполнение поставленных перед ними целей. Для этого они должны быть открытыми, то есть уметь общаться с человеком. И в целях экономии времени на обучение, они должны быть программируемыми. То есть, необходимый начальный объём знаний о предметной области вводится напрямую специальными интерактивными средствами. Далее, в процессе работы, система сама может увеличивать и корректировать свои знания.

Этим требованиям в полной мере удовлетворяет универсальная база знаний. Её можно представить, как СУБД с интеллектуальными функциями. Создание любой СУБД начинается с ввода знаний в виде структур данных и алгоритмов их обработки. И от формы представления этих знаний зависит то, что с ними потом можно будет делать.

Например, реляционная модель предоставляет мощный и гибкий инструмент формулировки запросов на поиск информации. Но при этом возникают существенные проблемы с методикой разработки самих структур данных и диагностикой ошибок, как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации. Причиной этого является примитивность реляционной модели.

Объектная модель, как она представлена в языках программирования высокого уровня, наоборот даёт более мощные и адекватные средства для стадии проектирования. Но эти средства, из-за их большой сложности, доступны только в виде языка программирования с компилируемым программным кодом.

Не удивительны попытки соединить эти средства в одной системе, например, Delphi, C++, 1С и т. п. Но выигрыш от этого не большой.

Объектно-алгоритмическая модель, представляемая в этой работе, существенно отличается от аналогичных моделей в языках про-

граммирования. Особенно на уровне хранения и обработки информации. Некоторые из этих отличий являются «know-how» и, поэтому, не могут быть представлены здесь. Но следующего перечисления должно быть достаточно для того, чтобы уловить разницу.

В языках программирования объектом является абстрактная сущность, имеющая набор свойств и действий над ними. Свойством является всё что угодно, имеющее список значений. Объект может иметь массив свойств, который может быть многомерным.

А в этой работе объектом считается модель материального объекта, что накладывает ряд ограничений.

Описание объекта состоит из трёх частей:

- 1) список непространственных свойств, таких как цвет, вес и т. п.;
- 2) состав, то есть список составных частей, которыми являются другие объекты;
- 3) форма, описание которой выполнено в виде отношений между составными частями объекта.

Массивы могут быть использованы только в пунктах 2 и 3, причём, только одномерные.

Эти и некоторые другие отличия предоставляют несколько новых возможностей:

- 1) привести средства описания в полное соответствие с предметной областью (описание мира материальных объектов), что делает методику формулировки знаний и запросов полностью прозрачной и в максимальной степени позволяет контролировать полноту и непротиворечивость информации;
- 2) в единой форме представлять знания о любых материальных объектах и процессах, будь то коллективы людей, предприятия или графические изображения;
- 3) реализовать все, описанные выше, интеллектуальные функции; при этом, полученные прямым путём знания не будут для системы догмой, она будет способна их развивать и корректировать.

Более подробное описание универсальной базы знаний будет сделано тогда, когда она будет полностью готова. Здесь остаётся перечислить возможные сферы практического использования этой системы.

Во-первых, базы знаний со временем заменят собой базы данных, так как первые предоставляют более широкий диапазон функций по хранению и использованию информации. К тому же, они дают возможность общения на естественном языке, что делает интерфейс наиболее дружелюбным.

Во-вторых, это системы поддержки принятия решений в самых разных областях. Такие системы будут способны на творческие решения в задачах создания моделей объектов и управления объектами.

В-третьих, системы машинного перевода. Качество перевода будет выше существующего, так как перевод будет осуществляться, как у человека, через модель предметной области.

В-четвёртых, это робототехника, то есть непосредственно в области автономных дискретных систем.