

# ЛЕКЦИЯ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ»

## ВОПРОСЫ ЛЕКЦИИ:

1. Введение в искусственный интеллект.
2. Представление знаний в системах искусственного интеллекта.
3. Интеллектуальный интерфейс информационной системы.
4. Экспертные системы.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Стюарт Рассел, Питер Норвиг, «Искусственный интеллект: современный подход (АИМА)», 2-е издание.: Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1424 с.
2. Люгер Джордж Ф. «Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем», 4-е издание. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
3. Информатика: Учеб. пособие для студ. пед. вузов / А.В.Могилев и др.; под ред. Е.К.Хеннера. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2003.

### **1. Введение в искусственный интеллект**

Термин интеллект (*intelligence*) происходит от латинского *intellectus* — что означает *ум, рассудок, разум; мыслительные способности человека* (Словарь по кибернетике / Под ред. В.С.Михалевича. 1989 г.). Соответственно искусственный интеллект (*artificial intelligence*) — ИИ (AI) обычно толкуется как

свойство автоматических систем брать на себя отдельные функции интеллекта человека, например, выбирать и принимать оптимальные решения на основе ранее полученного опыта и рационального анализа внешних воздействий.

Научное направление, связанное с машинным моделированием человеческих интеллектуальных функций - искусственный интеллект - возникло в середине 60-х годов XX столетия. Его возникновение непосредственно связано с общим направлением научной и инженерной мысли, которое привело к созданию компьютера - направлением на автоматизацию человеческой интеллектуальной деятельности, на то, чтобы сложные интеллектуальные задачи, считавшиеся прерогативой человека, решались техническими средствами.

Говоря о сложных интеллектуальных задачах следует понимать, что всего 300-400 лет назад перемножение больших чисел вполне относилось к таковым; однако, усвоив в детстве правило умножения столбиком, современный человек пользуется им не задумываясь, и вряд ли эта задача сегодня является «сложной интеллектуальной». По-видимому, в круг таковых следует включить те задачи, для решения которых нет «автоматических» правил, т.е. нет алгоритма (пусть даже и очень сложного), следование которому всегда приводит к успеху. Если для решения задачи, которая нам сегодня представляется относящейся к указанному кругу, в будущем придумают четкий алгоритм, она перестанет быть «сложной интеллектуальной».

Несмотря на свою краткость, история исследований и разработок систем искусственного интеллекта может быть разделена на четыре периода:

- 60-е - начало 70-х годов XX века - исследования по «общему интеллекту», попытки смоделировать общие интеллектуальные процессы, свойственные человеку: свободный диалог, решение разнообразных задач, доказательство теорем, различные игры (типа шашек, шахмат и т.д.), сочинение стихов и музыки и т.д.;

- 70-е годы - исследования и разработка подходов к формальному представлению знаний и умозаключений, попытки свести интеллектуальную деятельность к формальным преобразованиям символов, строк и т.д.;
- с конца 70-х годов - разработка специализированных на определенных предметных областях интеллектуальных систем, имеющих прикладное практическое значение (экспертных систем);
- 90-е годы - фронтальные работы по созданию ЭВМ 5-го поколения, построенных на иных принципах, чем обычные универсальные ЭВМ, и программного обеспечения для них.

В настоящее время «искусственный интеллект» - мощная ветвь информатики, имеющая как фундаментальные, чисто научные основы, так и весьма развитые технические, прикладные аспекты, связанные с созданием и эксплуатацией работоспособных образцов интеллектуальных систем. Значение этих работ для развития информатики таково, что именно от их успеха зависит появление ЭВМ нового 5-го поколения. Именно этот качественный скачок возможностей компьютеров - обретение ими в полной мере интеллектуальных возможностей - положен целью развития вычислительной техники в ближайшей перспективе и является признаком компьютерной техники нового поколения.

Любая задача, для которой не известен алгоритм решения, может быть отнесена к сфере искусственного интеллекта. Примерами могут быть игра в шахматы, медицинская диагностика, составление резюме текста или перевода его на иностранный язык - для решения этих задач не существует четких алгоритмов. Еще две характерные особенности задач искусственного интеллекта: преобладающее использование информации в символьной (а не в числовой) форме и наличие выбора между многими вариантами в условиях неопределенности.

Перечислим отдельные направления, где применяются методы искусственного интеллекта.

1. Восприятие и распознавание образов (задача, упоминавшаяся ранее, как одно из направлений кибернетики). Теперь под этим понимаются не просто технические системы, воспринимающие визуальную и звуковую информацию, кодирующие и размещающие ее в памяти, проблемы понимания и логического рассуждения в процессе обработки визуальной и речевой информации.

2. Математика и автоматическое доказательство теорем.

3. Игры. Как и формальные системы в математике, игры, характеризующиеся конечным числом ситуаций и четко определенными правилами, с самого начала исследований по искусственному интеллекту привлекли к себе внимание как предпочтительные объекты исследования, полигон для применения новых методов. Интеллектуальными системами был быстро достигнут и превзойден уровень человека средних способностей, однако уровень лучших специалистов не достигнут до сих пор. Возникшие трудности оказались характерными и для многих других ситуаций, так как в своих «локальных» действиях человек использует весь объем знаний, который он накопил за всю свою жизнь.

4. Решение задач. В данном случае понятие «решение» используется в широком смысле, относится к постановке, анализу и представлению конкретных ситуаций, а рассматриваемые задачи - те, которые встречаются в повседневной жизни, для решения которых требуется изобретательность и способность к обобщению.

5. Понимание естественного языка. Здесь ставится задача анализа и генерации текстов, их внутреннего представления, выявление знаний, необходимых для понимания текстов. Трудности связаны, в частности, с тем, что значительная часть информации в обычном диалоге не выражается определенно и ясно. Предложениям естественного языка присуща:

- неполнота;
- неточность;
- нечеткость;

- грамматическая некорректность;
- избыточность;
- зависимость от контекста;
- неоднозначность.

Однако такие свойства языка, являющегося результатом многовекового исторического развития, служат условием функционирования языка как универсального средства общения. Вместе с тем, понимание предложений естественного языка техническими системами с трудом поддается моделированию из-за этих особенностей языка (да и вопрос о том, что такое «понимание», нуждается в размышлениях). В технических системах должен использоваться формальный язык, смысл предложений которого однозначно определяется их формой. Перевод с естественного языка на формальный является нетривиальной задачей.

6. Выявление и представление знаний экспертов в экспертных системах. Экспертные системы - интеллектуальные системы, вобравшие в себя знания специалистов в конкретных видах деятельности - имеют большое практическое значение, с успехом применяются во многих областях, таких как автоматизированное проектирование, медицинская диагностика, химический анализ и синтез и т.д.

Во всех этих направлениях главные трудности связаны с тем, что недостаточно изучены и поняты принципы человеческой интеллектуальной деятельности, процесс принятия решений и решение задач. Если в 60-х годах широко обсуждался вопрос «может ли компьютер мыслить», то теперь вопрос ставится иначе: «достаточно ли хорошо человек понимает, как он мыслит, чтобы передать эту функцию компьютеру»? В силу этого, работы в области искусственного интеллекта тесно соприкасаются с исследованиями по соответствующим разделам психологии, физиологии, лингвистики.

*Таким образом, интеллектом можно назвать способность мозга решать (интеллектуальные) задачи путем приобретения, запоминания и целенаправленного преобразования знаний в процессе обучения на опыте и адаптации к разнообразным обстоятельствам.*

В этом определении под термином "знания" подразумевается *не только та информация, которая поступает в мозг через органы чувств*. Такого типа знания чрезвычайно важны, но недостаточны для интеллектуальной деятельности. Дело в том, что объекты окружающей нас среды обладают свойством не только воздействовать на органы чувств, но и находиться друг с другом в определенных отношениях. Ясно, что для того, чтобы осуществлять в окружающей среде интеллектуальную деятельность (или хотя бы просто существовать), необходимо иметь в системе знаний модель этого мира. В этой информационной модели окружающей среды реальные объекты, их свойства и отношения между ними не только отображаются и запоминаются, но и, как это отмечено в данном определении интеллекта, могут мысленно "целенаправленно преобразовываться". При этом существенно то, *что формирование модели внешней среды происходит "в процессе обучения на опыте и адаптации к разнообразным обстоятельствам"*.

Мы достаточно часто употребляем термин интеллектуальная задача. Для того чтобы пояснить, чем отличается интеллектуальная задача от просто задачи, необходимо ввести термин "алгоритм" — один из краеугольных терминов кибернетики.

Под алгоритмом понимают точное предписание о выполнении в определенном порядке системы операций для решения любой задачи из некоторого данного класса (множества) задач. Термин "алгоритм" происходит от имени узбекского математика Аль-Хорезми, который еще в IX веке предложил простейшие арифметические алгоритмы. В математике и кибернетике класс задач определенного типа считается решенным, когда для ее решения установлен алго-

ритм. Нахождение алгоритмов является естественной целью человека при решении им разнообразных классов задач. Отыскание алгоритма для задач некоторого данного типа связано с тонкими и сложными рассуждениями, требующими большой изобретательности и высокой квалификации. Принято считать, что подобного рода деятельность требует участия интеллекта человека. *Задачи, связанные с отысканием алгоритма решения класса задач определенного типа, будем называть интеллектуальными.*

Что же касается задач, алгоритмы, решения которых уже установлены, то, как отмечает известный специалист в области ИИ М. Минский, "излишне приписывать им такое мистическое свойства, как "интеллектуальность". В самом деле, после того, как такой алгоритм уже найден, процесс решения соответствующих задач становится таким, что его могут в точности выполнить человек, вычислительная машина (должным образом запрограммированная) или робот, не имеющие ни малейшего представления о сущность самой задачи. Требуется только, чтобы лицо, решающее задачу, было способно выполнять те элементарные операции, из которых складывается процесс, и, кроме того, чтобы оно педантично и аккуратно руководствовалось предложенным алгоритмом. Такое лицо, действуя, как говорят в таких случаях, чисто машинально, может успешно решать любую задачу рассматриваемого типа.

Поэтому представляется совершенно естественным *исключить их класса интеллектуальных такие задачи, для которых существуют стандартные методы решения. Примерами таких задач могут служить чисто вычислительные задачи: решение системы линейных алгебраических уравнений, численное интегрирование дифференциальных уравнений и т. д.* Для решения подобного рода задач имеются стандартные алгоритмы, представляющие собой определенную последовательность элементарных операций, которая может быть легко реализована в виде программы для вычислительной машины. В противоположность этому для широкого класса интеллектуальных задач, таких, как распозна-

вание образов, игра в шахматы, доказательство теорем и т. п., напротив это формальное разбиение процесса поиска решения на отдельные элементарные шаги часто оказывается весьма затруднительным, даже если само их решение несложно.

Таким образом, мы можем перефразировать определение интеллекта как **универсальный сверхалгоритм**, который способен создавать алгоритмы решения конкретных задач.

Еще интересным замечанием здесь является то, что профессия программиста, исходя из наших определений, является одной из самых интеллектуальных, поскольку продуктом деятельности программиста являются программы — алгоритмы в чистом виде. Именно поэтому, создание даже элементов ИИ должно очень сильно повысить производительность его труда.

Деятельность мозга (обладающего интеллектом), направленную на решение интеллектуальных задач, мы будем называть мышлением, или **интеллектуальной деятельностью**. Интеллект и мышление органически связаны с решением таких задач, как *доказательство теорем, логический анализ, распознавание ситуаций, планирование поведения, игры и управление в условиях неопределенности*. Характерными чертами интеллекта, проявляющимися в процессе решения задач, являются способность к обучению, обобщению, накоплению опыта (знаний и навыков) и адаптации к изменяющимся условиям в процессе решения задач. Благодаря этим качествам интеллекта мозг может решать разнообразные задачи, а также легко перестраиваться с решения одной задачи на другую. Таким образом, мозг, наделенный интеллектом, является универсальным средством решения широкого круга задач (в том числе неформализованных) для которых нет стандартных, заранее известных методов решения.

Следует иметь в виду, что существуют и другие, чисто поведенческие (функциональные) определения. Так, по А.Н. Колмогорову, любая материальная система, с которой можно достаточно долго обсуждать проблемы науки, лите-



ратуры и искусства, обладает интеллектом. Другим примером поведенческой трактовки интеллекта может служить известное определение А. Тьюринга. Его смысл заключается в следующем. В разных комнатах находятся люди и машина. Они не могут видеть друг друга, но имеют возможность обмениваться информацией (например, с помощью электронной почты). Если в процессе диалога между участниками игры людям не удастся установить, что один из участников — машина, то такую машину можно считать обладающей интеллектом.

Кстати интересен план имитации мышления, предложенный А. Тьюрингом. "Пытаясь имитировать интеллект взрослого человека, — пишет Тьюринг, — мы вынуждены много размышлять о том процессе, в результате которого человеческий мозг достиг своего настоящего состояния... Почему бы нам вместо того, чтобы пытаться создать программу, имитирующую интеллект взрослого человека, не попытаться создать программу, которая имитировала бы интеллект ребенка? Ведь если интеллект ребенка получает соответствующее воспитание, он становится интеллектом взрослого человека... Наш расчет состоит в том, что устройство, ему подобное, может быть легко запрограммировано... Таким образом, мы расчленим нашу проблему на две части: на задачу построения "программы-ребенка" и задачу "воспитания" этой программы".

Забегая вперед, можно сказать, что именно этот путь используют практически все системы ИИ. Ведь понятно, что практически невозможно заложить все знания в достаточно сложную систему. Кроме того, только на этом пути проявятся перечисленные выше признаки интеллектуальной деятельности (накопление опыта, адаптация и т. д.).

### ***История развития систем ИИ***

Исторически сложились три основных направления в моделировании ИИ.

В рамках первого подхода *объектом исследований являются структура и механизмы работы мозга человека, а конечная цель заключается в раскрытии тайн мышления.* Необходимыми этапами исследований в этом направлении яв-

ляются построение моделей на основе психофизиологических данных, проведение экспериментов с ними, выдвижение новых гипотез относительно механизмов интеллектуальной деятельности, совершенствование моделей и т. д.

Второй подход в качестве объекта исследования рассматривает ИИ. Здесь речь идет о *моделировании интеллектуальной деятельности с помощью вычислительных машин*. Целью работ в этом направлении является создание алгоритмического и программного обеспечения вычислительных машин, позволяющего решать интеллектуальные задачи не хуже человека.

Наконец, третий подход ориентирован на *создание* смешанных человеко-машинных, или, как еще говорят, *интерактивных интеллектуальных систем*, на симбиоз возможностей естественного и искусственного интеллекта. Важнейшими проблемами в этих исследованиях является оптимальное распределение функций между естественным и искусственным интеллектом и организация диалога между человеком и машиной.

Под **системами, обладающими искусственным интеллектом**, понимают устройства или программы, имеющие такие характеристики, присущие человеческому интеллектуальному поведению, как понимание и использование языка, причинная обусловленность поведения, способность гибко реагировать на ситуацию, использовать преимущество благоприятных ситуаций, проводить разграничения между сходными ситуациями, выводить новые идеи, заключения и др.

Вместе с тем однозначного определения интеллектуального поведения компьютерных систем пока не существует и разграничение интеллектуального и неинтеллектуального поведения весьма условно. Программные системы, основанные на естественно-научных теориях о природных процессах и математических методах, не относят к интеллектуальным. Часто такие задачи и алгоритмы их реализации называют рутинными.

Программные системы, реализующие алгоритмы, для которых не существ-

вует формальной модели решения, называют **эвристическими** и относят к классу интеллектуальных систем (или систем искусственного интеллекта). Принципиальное отличие интеллектуальных систем от традиционных компьютерных программ состоит в следующем. К творческим, интеллектуальным задачам относят задачи, для которых пока еще не существует формальной модели решения, например, игра в шахматы.

Задачи искусственного интеллекта - это такие задачи, в которых формализуется не процесс решения, а процесс поиска решения. В связи с этим развиваются такие направления, как экспертные системы, база знаний, нейронные сети, нейрокомпьютеры, генетические алгоритмы.

## **2. Представление знаний в системах искусственного интеллекта**

Основной особенностью интеллектуальных систем является то, что они основаны на **знаниях**, а вернее, на некотором их представлении. Знания здесь понимаются как хранимая (с помощью ЭВМ) информация, формализованная в соответствии с некоторыми правилами, которую ЭВМ может использовать при логическом выводе по определенным алгоритмам. Наиболее фундаментальной и важной проблемой является описание смыслового содержания проблем самого широкого диапазона, т.е. должна использоваться такая форма описания знаний, которая гарантировала бы правильную обработку их содержимого по некоторым формальным правилам. Эта проблема называется проблемой представления знаний.

В настоящее время наиболее известны три подхода к представлению знаний в обсуждаемых системах: продукционная и логическая модели; семантические сети; фреймы.

**Продукционные правила** - наиболее простой способ представления знаний. Он основан на представлении знаний в форме правил, структурированных

в соответствии с образцом «ЕСЛИ - ТО». Часть правила «ЕСЛИ» называется **посылкой**, а «ТО» - **выводом или действием**. Правило в общем виде записывается так:

ЕСЛИ  $A_1, A_2, \dots, A_n$  ТО  $B$ .

Такая запись означает, что «если все условия от  $A_1$  до  $A_n$ , являются истинными, то  $B$  также истинно» или «когда все условия от  $A_1$  до  $A_n$ , выполняются, то следует выполнить действие  $B$ ».

Рассмотрим правило

ЕСЛИ           (1)    у является отцом х  
                  (2)    z является братом у  
ТО                   z является дядей х

В данном случае число условий  $n = 2$ .

В случае  $n = 0$  продукция описывает знание, состоящее только из вывода, т.е. факт. Примером такого знания является факт «атомная масса железа 55,847 а.е.м».

Переменные  $x$ ,  $y$  и  $z$  показывают, что правило содержит некое универсальное, общее знание, абстрагированное от конкретных значений переменных. Одна и та же переменная, использованная в выводе и различных посылках, может получать различные конкретные значения.

Знания, представленные в интеллектуальной системе, образуют **базу знаний**. В интеллектуальную систему входит также механизм выводов, который позволяет на основе знаний, имеющихся в базе знаний, получать новые знания.

Проиллюстрируем сказанное. Положим, что в базе знаний вместе с описанным выше правилом содержатся и такие знания:

ЕСЛИ           (1)    z является отцом х  
                  (2)    z является отцом у  
                  (3)    х и у не являются одним и тем же человеком  
ТО                   х и у являются братьями

Иван является отцом Сергея Иван является отцом Павла Сергей является отцом Николая

Из представленных знаний можно формально вывести заключение, что Павел является дядей Николая. При этом считается, что одинаковые переменные, входящие в разные правила, независимы; объекты, имена которых эти переменные могут получать, никак не связаны между собой. Формализованная процедура, использующая сопоставление (при котором устанавливается, совпадают ли между собой две формы представления, включая подстановку возможных значений переменных), поиск в базе знаний, возврат к исходному состоянию при неудачной попытке решения, представляет собой механизм выводов.

Простота и наглядность представления знаний с помощью продукций обусловила его применение во многих системах, которые называются продукционными.

**Семантическая сеть** - иной подход к представлению знаний, который основан на изображении понятий (сущностей) с помощью точек (узлов) и отношений между ними с помощью дуг на плоскости. Семантические сети способны отображать структуру знаний во всей сложности их взаимосвязей, увязать в единое целое объекты и их свойства. В качестве примера может быть приведена часть семантической сети, относящейся к понятию «фрукты» (рис. 1).

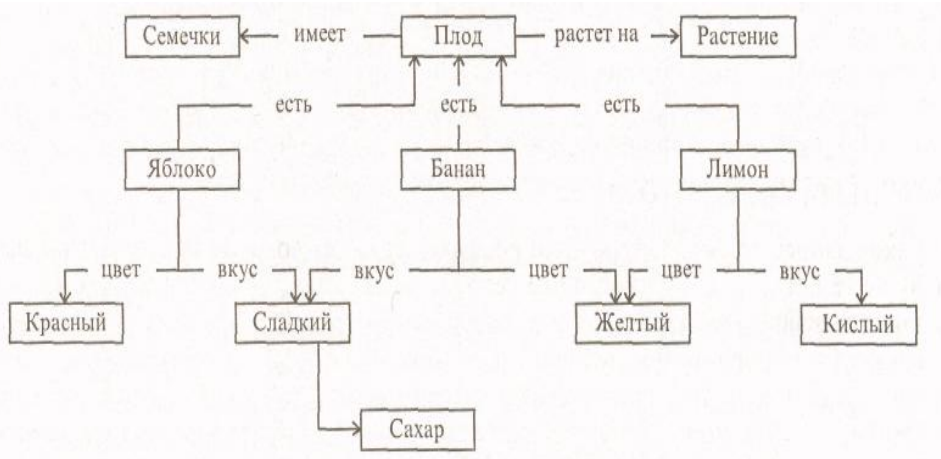


Рис. 1. Пример семантической сети

**Фреймовая система** имеет все свойства, присущие языку представления знаний, и одновременно являет собой новый способ обработки информации. Слово «фрейм» в переводе с английского языка означает «рамка». Фрейм является единицей представления знаний об объекте, которую можно описать некоторой совокупностью понятий и сущностей. Фрейм имеет определенную внутреннюю структуру, состоящую из множества элементов, называемых **слотами**. Каждый слот, в свою очередь, представляется определенной структурой данных, процедурой, или может быть связан с другим фреймом.

#### **Фрейм: человек**

1. Класс	Животное
2. Структурный элемент	Голова, шея, руки, ноги...
3. Рост	30 - 220 см.
4. Масса	1 - 200 кг.
5. Хвост	Нет
6. Фрейм аналогии	Обезьяна

Существуют и другие, менее распространенные подходы к представлению знаний в интеллектуальных системах, в том числе гибридные, на основе уже описанных подходов.

Перечислим главные особенности машинного представления данных.

1. Внутренняя интерпретируемость. Обеспечивается наличием у каждой информационной единицы своего уникального имени, по которому система находит ее для ответа на запросы, в которых это имя упомянуто.

2. Структурированность. Информационные единицы должны обладать гибкой структурой, для них должен выполняться «принцип матрешки», т.е. вложенности одних информационных единиц в другие, должна существовать возможность установления соотношений типа «часть - целое», «род - вид», «элемент - класс» между отдельными информационными единицами.

3. Связность. Должна быть предусмотрена возможность установления связей различного типа между информационными единицами, которые бы характеризовали отношения между информационными единицами. Эти отношения могут быть как декларативными (описательными), так и процедурными (функциональными).

4. Семантическая метрика. Позволяет устанавливать ситуационную близость информационных единиц, т.е. величину ассоциативной связи между ними. Такая близость позволяет выделять в знаниях некоторые типовые ситуации, строить аналогии.

5. Активность. Выполнение действий в интеллектуальной системе должно инициироваться не какими-либо внешними причинами, а текущим состоянием представленных в системе знаний. Появление новых фактов или описание событий, установление связей должны стать источником активности системы.

### ***Моделирование рассуждений***

Рассуждение - один из важнейших видов мыслительной деятельности человека, в результате которого он формулирует на основе некоторых предложений, высказываний, суждений новые предложения, высказывания, суждения. Действительный механизм рассуждений человека остается пока недостаточно исследованным. Человеческим рассуждениям присущи: неформальность, нечеткость, нелогичность, широкое использование образов, эмоций и чувств, что делает чрезвычайно трудными их исследование и моделирование. К настоящему времени лучше всего изучены логические рассуждения и разработано много механизмов дедуктивных выводов, реализованных в различных интеллектуальных системах, основанных на представлении знаний с помощью логики предикатов 1-го порядка.

**Предикат** - это конструкция, выражающая какую-то связь между некоторыми объектами или свойствами объектов.

### 3. Интеллектуальный интерфейс информационной системы

Одним из направлений повышения качества управления сложными системами является создание интеллектуальных информационных технологий. Разработка интеллектуальных программ отличается от обычного программирования. В обычной программе реализуется связь «Программа = Алгоритм + Данные», а в интеллектуальной программе реализуется иная связь — «Программа = Знания + Стратегия обработки знаний». Интеллектуальные системы работают со знаниями.

Исследования в области развития систем искусственного интеллекта осуществляются по следующим направлениям:

- обеспечение возможности общения систем на естественном языке и моделирование диалога;
- развитие экспертных систем;
- разработка интеллектуальных пакетов прикладных программ;
- решение комбинаторных задач;
- автоматическое доказательство теорем;
- развитие робототехники;
- распознавание образов.

Инструментальными средствами разработки интеллектуальных систем являются:

- системы программирования на языках высокого уровня (C++, Паскаль, Фортран, Лисп, Бейсик и других). В наименьшей степени ориентированы на решение задач искусственного интеллекта, не содержат средств для представления и обработки знаний;
- системы программирования на языках представления знаний имеют специальные средства, предназначенные для создания систем искусственного ин-



теллекта. Это собственные средства представления знаний (к примеру, язык Пролог) и поддержки логического вывода;

- средства автоматизированного создания экспертных систем - это гибкие программные системы, допускающие использование нескольких моделей представления знаний, разных способов логического вывода и видов интерфейса, содержащие вспомогательные средства создания экспертных систем;

- оболочки экспертных систем представляют собой готовые экспертные системы без базы знаний. Из базы знаний готовой экспертной системы знания предварительно удаляются, а затем база заполняется новыми знаниями, ориентированными на другие приложения. В этом случае специалисту достаточно только заполнить оболочку, не занимаясь созданием программ.

В качестве информационных технологий для создания искусственных интеллектуальных систем используются:

- экспертные системы;
- советующие системы;
- системы поддержки принятия решений;
- системы исполнения решений и другие, в разной форме ориентированные на знания человека — эксперта.

Анализ развития средств вычислительной техники позволяет утверждать, что она постоянно эволюционирует в двух направлениях. Первое из них связано с улучшением параметров существующих компьютеров, повышением их быстродействия, увеличением объемов их оперативной и дисковой памяти, а также с совершенствованием и модификацией программных средств, ориентированными на повышение эффективности выполнения ими своих функций. Это можно назвать развитием по горизонтали.

Второе направление определяет изменения в технологии обработки информации, приводящие к улучшению использования компьютерных систем. Развитие в этом направлении связано с появлением новых типов компьютеров и

качественно новых программных средств, дополняющих уже существующие. Такое развитие можно назвать развитием по вертикали.

Развитие программных средств идет по пути увеличения их дружелюбности, т.е. такого упрощения управления ими, что от пользователя не требуется специальной подготовки, и система создает максимально комфортные условия для его работы. Основным ориентиром в совершенствовании вычислительных систем - превращение их в удобного партнера конечного пользователя при решении задач в ходе его профессиональной деятельности.

Для обеспечения наибольшей дружелюбности интерфейса программного средства с пользователем первый должен стать интеллектуальным (см. приложение). Интеллектуальный интерфейс, обеспечивающий непосредственное взаимодействие конечного пользователя и компьютера при решении задачи в составе человеко-машинной системы, должен выполнять три группы функций:

- обеспечение для пользователя возможности постановки задачи для ЭВМ путем сообщения только ее условия (без задания программы решения);
- обеспечение для пользователя возможности формирования сред решения задачи с использованием только терминов и понятий из области профессиональной деятельности пользователя, естественных форм представления информации;
- обеспечение гибкого диалога с использованием разнообразных средств, в том числе не регламентированных заранее, с коррекцией возможных ошибок пользователя.

Структура системы (рис. 2), удовлетворяющей требованиям новой технологии решения задач, состоит из трех компонент:

- исполнительной системы, представляющей собой совокупность средств, обеспечивающих выполнение программ;
- базы знаний, содержащей систему знаний о проблемной среде;
- интеллектуального интерфейса, обеспечивающего возможность адаптации

вычислительной системы к пользователю.

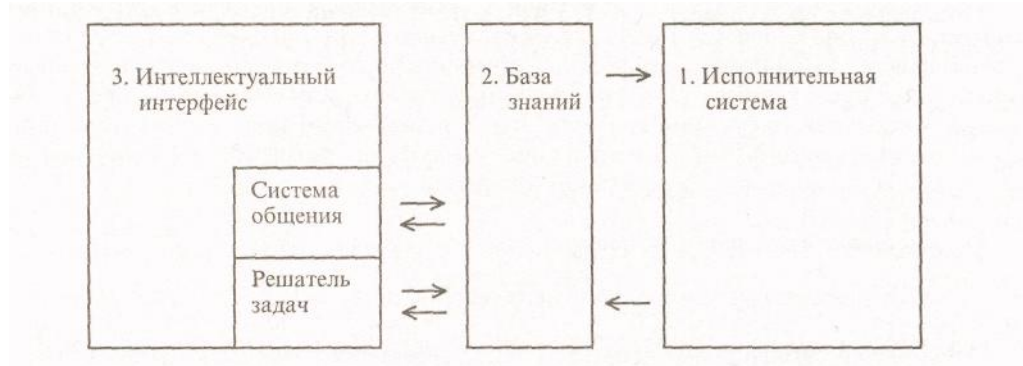


Рис. 2. Структура современной системы решения прикладных задач

Такая система существенно отличается от создававшихся на более ранних этапах развития информатики и вычислительной техники. Путь реализации новейших информационных технологий предполагает использование вычислительных систем, построенных на основе представления знаний предметной области задачи и интеллектуального интерфейса.

### ***Структура современной информационной системы решения прикладных задач***

Разработки систем искусственного интеллекта шли сначала по пути моделирования общих интеллектуальных функций индивидуального сознания. Однако, развитие вычислительной техники и программного обеспечения в 90-х годах опровергает прогнозы предыдущих десятилетий о скором переходе к ЭВМ 5-го поколения. Интеллектуальные функции основной массы программных систем общения на естественном языке пока не находят широкого внедрения в промышленных масштабах.

Характерную инфляцию претерпело такое понятие, как «новая информационная технология». Первоначально это понятие означало интеллектуальный интерфейс к базе данных, позволяющий прикладным пользователям общаться с ней непосредственно на естественном языке. Ныне под «новыми информационными технологиями» понимают просто технологии, существенно использую-

щие вычислительную технику в обработке информации, в том числе основанные на применении текстовых и табличных процессоров, а также информационных систем.

Столкнувшись с непреодолимыми проблемами, разработчики систем, обладающих «общим» искусственным интеллектом, пошли по пути все большей и большей специализации, вначале по направлению к экспертным системам, затем - к отдельным очень специфичным интеллектуальным функциям, встроенным в инструментальные программные средства, не считавшиеся до настоящего времени сферой разработок по искусственному интеллекту. Например, такие системы сейчас часто обладают возможностями аналитических математических вычислений, перевода технических и деловых текстов, распознавания текста при вводе сканером, синтаксического анализа фраз и предложений, самонастраиваемостью и т.д.

Парадигма исследований и разработок в области искусственного интеллекта постепенно пересматривается. По-видимому, возможности скорого развития программных систем, моделирующих интеллектуальные функции индивидуального сознания, в значительной мере исчерпаны. Необходимо обратить внимание на новые возможности, которые открывают в отношении общественного сознания информационные системы и сети. Развитие вычислительных систем и сетей ведет, по-видимому, к созданию нового типа общественного сознания, в которое информационные средства будут органично встроены как технологическая среда обработки и передачи информации. После этого человечество получит именно гибридный человеко-машинный интеллект не столько в масштабе индивидуального сознания, сколько в сфере социальной практики.

#### **4. Экспертные системы**

Наиболее широкое применение методы ИИ нашли в программах, назы-

ваемых **экспертными системами (ЭС)**. Отличительной чертой этих программ является способность накапливать знания и опыт квалифицированных профессионалов (экспертов) в какой-либо узкой предметной области. Затем при помощи знаний, накопленных в ЭС, специалисты с не очень высокой квалификацией могут решать сложные задачи на столь же высоком уровне, как и эксперты, иными словами, данные программы поддерживают средствами автоматизации не только и не столько вычислительные функции, сколько функции мыслительные, интеллектуальные, помогая пользователю принимать решения в сложных неоднозначных ситуациях.

Единого строгого определения ЭС пока нет. Чаще всего в литературе и среди специалистов используется понимание экспертной системы - как компьютерной программы, созданной для выполнения тех видов деятельности, которые под силу только человеку - эксперту, например проектирование, планирование, перевод, выдача рекомендаций. Эти программы моделируют образ мышления человека-эксперта на основе механизмов логического вывода и эвристических методов.

Определение, одобренное Комитетом по экспертным системам Британского компьютерного общества, гласит, что **под экспертной системой понимается** система, объединяющая возможности компьютера со знаниями и опытом эксперта в такой форме, что система может предложить **РАЗУМНЫЙ СОВЕТ** или осуществить **РАЗУМНОЕ РЕШЕНИЕ** поставленной задачи. Такая система должна уметь объяснять ход своих рассуждений в понятной форме.

Все экспертные системы являются системами искусственного интеллекта, но не все системы искусственного интеллекта являются ЭС. Например, программа распознавания печатного текста или голосовых сообщений относится к интеллектуальным системам, но не является экспертной системой, поскольку решение подобной задачи под силу любому человеку. Для ЭС характерно наличие цели функционирования, состоящей в решении сложных проблем, решение

которых под силу специалисту высокой квалификации - эксперту.

На основе приведенных определений выделим **характерные черты ЭС**:

- алгоритмы функционирования ЭС имитируют подход к решению проблемы со стороны человека;
- умение объяснять свои действия в понятной для человека форме;
- наличие естественно-языкового интерфейса.

Различают ЭС **предметно-ориентированные** и **ЭС-оболочки**, предназначенные для наполнения любым предметным знанием. Экспертные системы могут строиться на основе представления знаний в виде набора правил (rule-based - подход) и на базе адаптивного подхода, основанного на обучении системы на примерах (case-based - подход).

Экспертные системы первого поколения строились преимущественно на основе правилоориентированного подхода. Такие экспертные системы назывались **правилоориентированными** или **продукционными**.

В ЭС, основанных на правилах, предметные знания представляются набором правил, которые проверяются через набор фактов или знаний о текущей ситуации.

Специализированные продукционные системы нашли широкое применение в различных областях человеческой деятельности. Однако наиболее популярными ЭС являются оболочки Guru, KEE, LOOPS, которые могут быть наполнены любым предметным знанием.

### **Технология использования экспертных систем**

Основой экспертной системы является совокупность знаний (базы знаний), структурированных в целях формализации процесса принятия решений. Экспертные системы разрабатываются с расчетом на обучение и способны обосновать логику выбора решения, т.е. обладают свойствами адаптивности и ее аргументирования. У большинства экспертных систем имеется механизм объяснения. Этот механизм использует знания, необходимые для объяснения

того, каким образом система пришла к данному решению. Очень важным является определение области применения экспертной системы, границ ее использования и действия.

Преимущества экспертных систем по сравнению с использованием опытных специалистов в следующем:

- достигнутая компетентность не утрачивается, может документироваться, передаваться, воспроизводиться и наращиваться;
- имеют место более устойчивые результаты, отсутствуют эмоциональные и другие факторы человеческой ненадежности;
- высокая стоимость разработки уравнивается низкой стоимостью эксплуатации, возможностью копирования, а в совокупности они дешевле высококвалифицированных специалистов.

Недостатком экспертных систем, характерным для их современного состояния, является меньшая приспособляемость к обучению новым правилам и концепциям, к творчеству и изобретательству. Использование экспертных систем позволяет во многих случаях отказаться от высококвалифицированных специалистов, но предполагает оставить в системе место эксперту с более низкой квалификацией. Экспертные системы служат средством для расширения и усиления профессиональных возможностей конечного пользователя.

Экспертная система должна демонстрировать **компетентность**, т.е. достигать в конкретной предметной области того же уровня, что и специалисты - эксперты. Недостаточно находить хорошие решения, это надо делать быстро. Системы должны иметь не только глубокое, но и достаточно широкое понимание предмета. Методы нахождения решений проблем достигаются на основе рассуждений, исходящих из фундаментальных принципов в случае некорректных данных или неполных наборов правил. Такие свойства наименее разработаны в компьютерных экспертных системах, но именно они присущи специалистам высокого уровня.

От обычных компьютерных систем экспертные системы отличаются тем, что:

- манипулируют знаниями, тогда как любые другие системы - данными;
- дают эффективные оптимальные решения и способны иногда ошибаться, но в отличие от традиционных компьютерных систем они имеют потенциальную способность учиться на своих ошибках.

ЭС как инструмент в работе пользователей совершенствуют свои возможности решать трудные, неординарные задачи в ходе практической работы. ЭС создаются для решения разного рода проблем, типы которых можно сгруппировать в категории. Типичные категории ЭС систем приведены в таблице 2.

**Таблица 2**

**Типичные категории применения ЭС.**

<b>Категория</b>	<b>Решаемая проблема</b>
<b>Интерпретация</b>	<p>Описание ситуации по информации, поступающей от датчиков, предусматривается многовариантный анализ данных</p> <p>Пример:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• обнаружение и идентификация различных типов океанских судов - SIAP;</li> <li>• определение основных свойств личности по результатам психодиагностического тестирования в системах АВТАН-ТЕСТ и МИКРОЛЮШЕР и др.</li> </ul>
<b>Прогноз</b>	<p>Определение вероятных последствий заданных ситуацией</p> <p>Пример:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• предсказание погоды - система WILLARD;</li> <li>• оценки будущего урожая - PLANT</li> <li>• прогнозы в экономике - ECON и др.</li> </ul>



<p><b>Диагностика</b></p>	<p>Выявление причин неправильного функционирования системы по результатам наблюдений</p> <p>Пример:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• диагностика и терапия сужения коронарных сосудов - ANGY;</li> <li>• диагностика ошибок в аппаратуре и математическом обеспечении ЭВМ - система CRIB и др.</li> </ul>
<p><b>Проектирование</b></p>	<p>Построение конфигурации объектов при заданных ограничениях</p> <p>Пример:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проектирование конфигураций ЭВМ VAX;</li> <li>• синтез электрических цепей - SYN и др.</li> </ul>
<p><b>Планирование</b></p>	<p>Определение последовательности действий, используются модели поведения реальных объектов</p> <p>Пример:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• планирование поведения работы - STRIPS;</li> <li>• планирование промышленных заказов - ISIS;</li> <li>• планирование эксперимента - MOLGEN и др.</li> </ul>
<p><b>Наблюдение</b></p>	<p>Сравнение результатов наблюдений с ожидаемыми результатами</p>
<p><b>Отладка</b></p>	<p>Составление рецептов исправления неправильного функционирования системы</p>
<p><b>Ремонт</b></p>	<p>Выполнение последовательности предписанных исправлений</p>
<p><b>Обучение</b></p>	<p>Диагностика, отладка и исправление поведения обучаемого</p> <p>Пример:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• обучение языку программирования Лисп в системе "Учитель Лиспа";</li> <li>• система PROUST - обучение языку Паскаль и др.</li> </ul>
<b>Управление</b>	Управление поведением системы как целого

### **Различаются ЭС по связи с реальным временем:**

1. **Статистические ЭС** разрабатываются в предметных областях, в которых база знаний и интерпретируемые данные не меняются во времени. Они стабильны.

Пример: диагностика неисправностей в автомобиле.

2. **Квазидинамические ЭС** интерпретируют ситуацию, которая меняется с некоторым фиксированным интервалом времени.

Пример: микробиологические ЭС, в которых снимаются лабораторные измерения с технологического процесса и анализируется динамика полученных показателей по отношению к предыдущему измерению.

3. **Динамические ЭС** работают в сопряжении с датчиками объектов в режиме реального времени с непрерывной интерпретацией поступаемых данных.

Пример: управление гибкими производственными комплексами, мониторинг в реанимационных палатах и др.

### **Также различаются ЭС по степени интеграции с другими программами:**

- **Автономные ЭС** работают непосредственно в режиме консультаций с пользователем для специфически "экспертных" задач, для решения которых не требуется привлекать традиционные методы обработки данных (расчеты, моделирование и т.д.)

• **Гибридные ЭС** представляют программный комплекс, агрегирующий стандартные пакеты прикладных программ (например, математическую статистику, линейное программирование) и средства манипулирования знаниями.

### **Области применения экспертных систем**

На рынке появилось множество интеллектуальных ПС, в первую очередь в виде экспертных систем (ЭС), автоматизирующих процесс принятия решений и играющих все возрастающую роль в деятельности многих компаний, а также в тех областях, которые имеют непосредственное отношение к вопросам принятия решений в сложных или экстремальных ситуациях. В общем случае, ЭС состоит из базы данных и знаний и программного обеспечения, поддерживающего данные базы в актуальном состоянии и симулирующего знания и аналитические способности эксперта в конкретной предметной области.

Экспертные системы наилучшим образом отвечают задачам, требующим принятия решений в сложных ситуациях. Примером могут служить задачи медицинского диагноза или технической диагностики, в которых критическим фактором является не только достоверный диагноз, но и время. Когда у пациента имеет место неизвестная совокупность симптомов, врач может прибегнуть к консультации с ЭС, чтобы поставить диагноз и назначить соответствующий курс лечения. Именно поэтому для задач данного класса были разработаны первые ЭС и число их постоянно растет. Для такого типа ЭС многовековая медицинская практика накопила обширные знания и опыт лечения, что существенно облегчает задачу создания соответствующих баз знаний и данных.

Вторым классом задач, хорошо отвечающим ЭС - технологии, являются задачи по принятию решений в случае, когда в прикладной области имеется ограниченное число высоко квалифицированных экспертов, которые могут давать наиболее оптимальные рекомендации для принятия необходимых решений. Например, фирма Honeywell создала ЭС, ориентированную на задачи диагностики коммерческих воздушных кондиционеров. И хотя технический персонал

фирмы имеет квалификацию не ниже средней, наличие ЭС обеспечивает неизменно высокое качество обслуживания. Положительные аспекты данного подхода состоят и в том, что затраты на обслуживание не возрастают при необходимости увеличения числа экспертов либо при увольнении их из фирмы.

К третьему классу задач, стимулирующих создание ЭС, относятся задачи, требующие постоянного и длительного по времени принятия решений в трудных или экстремальных условиях. Например, фирма NLBaroid, специализирующаяся на обслуживании нефтебурения, создала систему MUDMAN, позволяющую анализировать параметры закачиваемой в скважины жидкости с целью обеспечения нормальных режимов работы бура и облегчения процесса бурения. На глубоких или трудных скважинах обслуживающему инженеру часто приходится анализировать свыше 20 параметров, по крайней мере, дважды в день. ЭС обеспечивает аналитическую обработку и делает фирму более конкурентноспособной. Наряду с перечисленными существуют еще целый ряд классов задач, применение ЭС в которых может давать существенный и разноплановый эффект.

В настоящее время создано и поставляется на рынок большое количество разнообразных ЭС, ориентированных на различные типы ПК и сферы приложений. В настоящее время ЭС широко используются в таких прикладных областях, как: медицинская и техническая диагностика, планирование, прогнозирование, мониторинг, интерпритация результатов наблюдений, контроль и управление, обучение и др. В этом заключается один из основных практических выходов исследовательских работ по ИИ - проблематике. Данная группа ПС обеспечивает формирование баз знаний и работу с ними для тех областей деятельности, где невозможно формализованное описание процессов обработки информации и принятия решений.

**Знание-ориентированные компьютерные системы** даже перед профессионалом **имеют существенные преимущества** при необходимости получить

заклучение по решению задачи из предметной области, на которую они ориентированны, а именно:

- они делают обоснованные выводы в рамках имеющихся у них знаний и стратегий вывода;
- обладают высоким уровнем объективности;
- используя систематический подход, нередко предлагают оптимальные решения;
- обладая большой базой знаний (БЗ), дают возможность получать правильные решения даже мало квалифицированным в предметной области пользователям;
- обладают достаточно высокой устойчивостью к влиянию информации, не относящейся к поддерживаемой ими предметной области и т.д.

Вместе с тем следует четко представлять себе **основные ограничения**, присущие даже самым интеллектуальным ЭС, функционирующим на ЭВМ всех классов и типов:

- в первую очередь, большинство ЭС не отвечают требованиям пользователя, не имеющего опыта работы с подобными ПС;
- многие ЭС в полном объеме являются доступными только для создателей их БЗ;
- в процессе своего функционирования ЭС не наращивает свой интеллектуальный потенциал, исключая расширение БЗ за счет приобретения знаний;
- ЭС не обладают свойством обучаемости в общепринятом понимании;
- ЭС начисто лишены интуиции, играющей чрезвычайно важную роль в принятии решений;
- не имеют особого смысла и ЭС в объемных предметных областях, содержащих большие количества фактов, объектов и сложных отношений между ними, также как и в областях, в которых отсутствуют эксперты

Невзирая на эти и ряд других недостатков, присущих современным ЭС,

использование их во многих приложениях оказывается весьма продуктивным, а в ряде случаев - и просто необходимым (медицинская и техническая диагностика, планирование и др.)

Не вникая в вопросы анализа и характеристики всего многообразия разработанных коммерческих и экспериментальных ЭС, можно отметить ряд наиболее интересных из них для отечественного пользователя:

- PROSPECTOR, MYCIN, DENDRAL - находились у истоков развития знание - ориентированных компьютерных систем и ныне являются классическими; их принципы и методы разработки использовались большим числом последующих ЭС;

- ПИЭС, ЭКО, НЭК-2, СПЭИС, ЛОГОС, DECCSAY, НУТ, ДИЕКС и др. - популярные отечественные ЭС и инструментальные средства их разработки.

Особый интерес для отечественного пользователя, имеющего дело с задачами по принятию решений, представляет известный пакет Expert Choice одноименной фирмы. Многие корпорации и фирмы США используют данный пакет для задач стратегического планирования. Основой пакета является теория многокритериальных решений, базирующаяся на аналитических иерархических процессах. Пакет ориентирован на решении задач многокритериального принятия решений в различных прикладных областях и может оперировать как с непосредственными, так и с косвенными элементами. Он является уникальным и мощным средством нового поколения ЭС, предназначенных для решения задач в сложных условиях.