Искусственный интеллект (ИИ) – это программная система, имитирующая на компьютере мышление человека. Для создания такой системы необходимо изучить мышление человека, решающего определенные задачи или принимающего решение в конкретной области, выделить основные шаги этого процесса и разработать программные средства, воспроизводящие их на компьютере. В отличие от традиционного программирования, методы ИИ позволяют существенно упростить и ускорить разработку программ, придают гибкость процессу программирования, так как изменение любой, даже большой части информации не влияет на структуру всей программы.

Все системы ИИ основываются на знаниях, осуществляют дружественный интерфейс с пользователями, логический вывод и объяснение своих действий. Основное различие между классами систем ИИ, относительно которых у исследователей, работающих в этом направлении, по-видимому, нет расхождений (экспертные системы, интеллектуальные информационные системы, расчетно-логические системы, интеллектуальные роботы, интеллектуальные САПР и САНИ, обучающие системы), заключается в организации логического вывода (проблемно-неориентированного – универсального или специализированного), соответствующего той проблемной области, на которую настроена данная система. В основе архитектуры разных классов систем ИИ лежит понятие независимых (как бы атомарных) или взаимосвязанных и взаимозависимых правил.

При ранних попытках создания «универсальных систем решения задач» считалось, что главной составляющей интеллекта является способность к логическому рассуждению. Однако программы, основанные на методах формального логического рассуждения (например, доказательство методом резолюции), подвержены «комбинаторному взрыву» функции сложности задачи. С той же трудностью сталкиваются и программы, основанные на логическом методе структурной индукции, когда мы строим дерево принятия решений, имея на входе большое количество данных об объектах.

Слабость логических методов в том, что многие виды знания, включая недостоверные и неполные знания, не поддаются представлению в рамках строгих логических формализмов.

Но в настоящее время введены неформальные рассуждения, основанные на широких знаниях (эвристиках). Эвристика ограничивает поиск, находя наиболее вероятные пути решения задач. Она взята у экспертов-людей, а не на основании абстрактных правил формальной логики.

Кроме эвристических правил, знания содержат и здравый смысл. Таким образом, системы искусственного интеллекта ориентированы на знания, и основными проблемами здесь являются представления знаний и компьютерная логика, которая имеет важное значение для развития интеллектуальных систем, поскольку их цель – моделирование человеческих рассуждений.

# 1 Структура исследований в области искусственного интеллекта

В этом объемном разделе мы постараемся дать системный взгляд на область искусственных исследований, которую принято называть искусственным интеллектом. Это нелегкая задача. Среди специалистов нет единой точки зрения на то, что входит в эту область и что в нее не входит. Нет единой точки зрения и на цели исследований, которые могли бы быть отнесены к искусственному интеллекту.

Имеется, по крайней мере, две точки зрения на то, что следовало бы назвать искусственным интеллектом. Первую можно назвать нейробионической. Ее сторонники ставят перед собой цель воспроизвести искусственным образом те процессы, которые протекают в мозгу человека. Это путь изучения естественного мозга, выявления способов его работы, создания технических средств для повторения биологических структур и протекающих в них процессов. Вторая точка зрения, доминирующая в искусственном интеллекте, может быть названа информационной. Сторонники информационного подхода считают, что основной целью работ в искусственном интеллекте является не построение технического аналога биологической системы, а создание средств для решения задач, традиционно считающихся интеллектуальными.

Информационная точка зрения, в свою очередь, неоднородна. В ней можно выделить три направления. Часть специалистов считает, что можно найти свой способ решения задач на ЭВМ, который даст либо результат, подобный человеческому, либо даже лучший. Специалисты такого типа неоднократно демонстрировали свое искусство по созданию программ такого рода. Достаточно назвать, например, программы для игры в шахматы, которые играют в эту игру лучше подавляющего числа людей, проводящих время за шахматной доской. Но делают это программы совсем не так, как люди. Другая часть специалистов считает, что искусственный интеллект должен имитировать не решение отдельных (пусть и весьма творческих) задач. Ибо естественный интеллект человека – это его способность при необходимости обучаться тому или иному виду творческой деятельности. Значит и программы, создаваемые в искусственном интеллекте, должны быть ориентированы не на решение конкретных задач, а на создание автоматического построения необходимых программ решения конкретных задач, когда в этом возникает необходимость. Именно эта группа исследователей сейчас определяет лицо искусственного интеллекта, составляя основную массу специалистов этого профиля. Третья часть специалистов – это программисты, чьими руками делаются программы для решения задач искусственного интеллекта. Они склонны рассматривать область своей деятельности как новый виток развития программирования. Они считают, что средства, разрабатываемые для написания программ решения интеллектуальных задач, в конце концов, есть средства, позволяющие по описанию задачи на профессиональном естественном языке построить нужную программу на основании тех стандартных программных модулей, которые хранятся в памяти машины. Все метасредства, предлагаемые теми, кто рассматривает искусственный интеллект как способ разобраться на информационном уровне, какие функции реализует естественный интеллект при решении задачи, программисты видят сквозь призму своей цели (по существу, комплекса средств, автоматизирующих деятельность самого программиста).

На рис. 1.1 показана схема строения искусственного интеллекта, связанная с точками зрения на него. Пятая ветвь связана с различными прикладными проблемами, в которых активно используются результаты, полученные в искусственном интеллекте, его модели и методы.

|  |
| --- |
| Искусственный интеллект |
|  |  |  |  | Нейроподобные структуры |
|  |  |  |  | Программы решения интеллектуальных задач |
|  |  |  |  | Системы, основанные на знаниях |
|  |  |  |  | Интеллектуальное программирование |
|  |  |  |  | Интеллектуальные системы |

Рис. 1.1 - Схема строения искусственного интеллекта

Дерево, приведенное на рис. 1.1, еще слишком крупное. Поэтому дадим расшифровку каждому из пяти направлений. Начнем с нейробионического направления.

## 1.1 Нейробионическое направление

В те годы, когда возникли ЭВМ, мало кто предполагал, что они очень быстро вытеснят из вычислительной сферы все остальные вычислительные устройства. Дж. Фон-Нейман, с именем которого связана идея архитектуры классической ЭВМ, в те годы интересовался и другой организацией процесса вычислений, использующей аналоги нейроподобных структур. Первые модели формальных нейронов были предложены Мак-Калоком и Питсом. По сути, эти элементы реализовали пороговую функцию. Сигнал на выходе элемента возникал лишь тогда, когда взвешенная сумма разрешающих входных сигналов превышала взвешенную сумму запрещающих входных сигналов более чем на величину, определяемую значением порога элемента. Варьируя значения весов и порога, можно было добиться нужного срабатывания формального нейрона. Объединенные в сети, такие нейроны представлялись весьма мощным способом реализации различных процедур.

Одним из наиболее известных нейробионических устройств был персептрон, предложенный Ф. Розенблатом. Он породил целое семейство конструкций, в основе которых лежала идея первоначального устройства Розенблата[19].

Метод, лежащий в основе функционирования персептрона, похож на те приемы, которые используются в распознавании образов. Это научное направление весьма близко соприкасается с исследованиями по искусственному интеллекту. Строго говоря, нет никаких оснований не включать его в состав нового научного направления. Во всяком случае нет особых возражений. Но традиционно возникшее гораздо ранее направление, связанное с распознаванием образов, существует отдельно. Хотя во многих пограничных вопросах эти две области научных исследований перекрываются. (Например, в методах формирования решающих правил при обучении на примерах и контрпримерах, как это происходит в персептронах, или в задачах анализа зрительных сцен). Дальнейшее исследование в области нейробионических устройств идет по пути увеличения числа слоев из формальных нейронов, изменения и усложнения способа функционирования нейронов и построения решающего правила. Параллельно развивалась теория персептронов. Но два обстоятельства затормозили эти работы. Очень быстро при решении практических задач распознавания стало понятно, что возможности устройств типа персептронов ограничены. Например, они не могли разгадать изображение, являющееся комбинацией двух ранее известных персептрону составляющих. Это заставило рассматривать подобную комбинацию как новое изображение. С другой стороны, Минский М. и Пейперт С. доказали ряд теорем о персептронах, в которых обосновали их принципиальную ограниченность. Отсутствие новых идей нейробионических устройств в течение десятка лет не давало повода для развития этих исследований. Но успехи микроэлектроники последних лет, сделавшие возможным создание большого числа нейроподобных элементов в малом объеме, вновь возродили надежды сторонников этого подхода. Появились нейрокомпьютеры, в которых процесс решения задачи развертывается на сети искусственных нейронов. Этот процесс может включать в себя множество параллельно и асинхронно протекающих процессов, что сулит высокую эффективность решения задач на нейрокомпьютерах. Беда состоит только в том, что пока неизвестны регулярные приемы программирования решения задач для ЭВМ такой архитектуры.

На рис. 1.2 показано дерево, характеризующее структуру нейробионического направления в искусственном интеллекте.

|  |
| --- |
| Нейроподобные структуры |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | Теория нейронных сетей |
|  |  |  |  | Система типа персептронов |
|  |  |  |  | Теория волновых процессов в сетях нейронов |
|  |  |  |  | Нейрокомпьютеры и программирование для них |

Рис.1.2 - Структура нейробионического направления

## 1.2 Программы решения интеллектуальных задач

Программы для решения интеллектуальных задач могут быть разделены на несколько групп, определяемых типом задач, решаемых этими программами. Первую группу составляют игровые программы. Они, в свою очередь, делятся на две подгруппы: человеческие игры и компьютерные игры. Дальнейшее деление групп программ показано на рис. 1.3. Особенностью всех программ для имитации человеческих игр является большая роль поисковых процедур. Поиск лучшего или локально лучшего хода требует в сложных играх, типа шахмат, просмотра большого числа вариантов. Недаром шахматные задачи являются специальным тестом для проверки эффективности поисковых процедур. Интересно отметить, что именно поисковые процедуры казались на первом этапе развития работ по интеллектуальным программам той метапроцедурой, с помощью которой можно будет решать все интеллектуальные задачи. Первая программа, которая обобщила эту идею, называлась «Общий решатель задач». В этой программе, созданной А. Ньюэллом, Дж. Шоу и Г. Саймоном, поиск с локальными критериями успеха был основной процедурой. Решение всех задач, по мысли авторов программы, могло быть сведено к поиску пути в лабиринте альтернативных возможностей. И хотя эти надежды не оправдались, цикл подобных исследований оказался весьма полезным. Были созданы достаточно эффективные процедуры поиска, используемые специалистами по искусственному интеллекту не только при решении игровых задач, но и во многих других областях (например, при планировании целесообразной деятельности в интеллектуальных системах).

Переборные игры составляют, по-видимому, большинство во множестве распространенных среди людей игр. Существенно меньшую часть составляют топологические игры, в которых необходимо учитывать не только дерево игры, задаваемое возможными последовательностями ходов противников, но и структурой самой позиции как целого. Примером такой игры может служить Го. В этой игре оценка позиции не может быть сведена, как, например, в шахматах, к описанию множества фигур и их расположения на игровом поле. Для Го важно не конкретное расположение камней по тем или иным полям, а те конфигурации, которые они образуют на плоскости игрового поля. Программирование таких игр требует создания в памяти ЭВМ эталонных образов тех или иных областей, занятых камнями противников. А это куда более сложная и до конца пока не решенная задача, нежели организация поиска по дереву альтернативных возможностей.

Стохастические игры возникают тогда, когда в процессе игры существуют вероятностные шаги или очередная ситуация формируется при участии некоторого вероятностного механизма. С программированием таких игр (например, карточной игры в очко) связано развитие методов правдоподобного оценивания вариантов, получившего в искусственном интеллекте заметное использование. Во всех таких ситуациях важно уметь пересчитать оценку правдоподобия результирующей ситуации после выбора определенного хода с учетом оценок правдоподобия текущей ситуации и выбора противника. К стохастическим играм примыкают и игры с неполной информацией, когда при принятии решения необходимо как-то оценивать недостающую информацию. Эти приемы постоянно используются при обращении к содержимому памяти в интеллектуальных системах, когда в ней отсутствует нужная информация, что является почти стандартной ситуацией при функционировании таких систем в сложных предметных областях.

|  |
| --- |
| Программы решения интеллектуальных задач |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | Игровые программы  |
|  |  |  |  |  | Человеческие игры |
|  |  |  |  |  |  |  | Переборные игры |
|  |  |  |  |  |  |  | Топологические игры |
|  |  |  |  |  |  |  | Стохастические игры |
|  |  |  |  |  | Компьютерные игры |
|  |  |  |  |  |  |  | Игры с жесткой схемой |
|  |  |  |  |  |  |  | Игры со сценарием |
|  |  |  |  | Естественно-языковые программы |
|  |  |  |  |  | Машинный перевод |
|  |  |  |  |  | Автоматическое реферирование |
|  |  |  |  |  | Генерация текстов |
|  |  |  |  |  |  | Прозаические тексты |
|  |  |  |  |  |  | Поэтические тексты |
|  |  |  |  | Музыкальные программы |
|  |  |  |  |  | Сочинение музыкальных произведений |
|  |  |  |  |  | Анализ музыкальных произведений |
|  |  |  |  |  | Имитация исполнительского стиля |
|  |  |  |  | Узнающие программы |
|  |  |  |  | Программы создания произведений живописи и графики |

Рис.1.3 – Программы решения интеллектуальных задач

Компьютерные игры, получившие в последнее время столь широкое распространение, вообще говоря, не относятся традиционно к работам по искусственному интеллекту. Хотя эта ситуация столь же случайна, как и ситуация с распознаванием образов. Конечно, игры с жесткой схемой, в которых «интеллекта» практически нет, не представляют для работ по искусственному интеллекту интереса, но сценарные игры представляют для рассматриваемой области науки прямой интерес. В них используются сценарии развития игры, движение по которым определяется обоими партнерами. Эти же принципы используются и в таких типичных для искусственного интеллекта задачах, как организация диалога системы с пользователем на ограниченном естественном языке. Интересны сценарии и для планирования целесообразной деятельности в интеллектуальных роботах и других системах искусственного интеллекта.

С самого начала появления ЭВМ стали создаваться программы для машинного перевода и автоматического реферирования текстов. Создание этих программ оказало значительное влияние на развитие искусственного интеллекта, заложило основы тех работ, которые были непосредственно связаны с естественно-языковым общением пользователей с интеллектуальными системами. В системах машинного перевода были разработаны модели и методы, позволяющие автоматически проводить морфологический, синтаксический и во многом семантический анализ фраз естественного языка, «нащупаны» приемы анализа связного текста. Все эти результаты активно используются при обработке естественно-языковых текстов в интеллектуальных системах.

В работах по автоматическому реферированному были заложены основы понимания общей структуры текста как целого. От идеи «что говорится» был сделан переход к идее «о чем говорится». Это позволило на более высоком уровне создавать программы генерации текстов. Если первые программы такого вида основывались на жестких моделях порождения или вероятностных механизмах, то более поздние программы генерации текстов стали опираться на идеи сценариев, а также на приемы, наработанные в программах по автоматическому реферированию. Сейчас качество прозаических текстов, создаваемых с помощью ЭВМ, достаточно интересно, если тексты имеют жесткую внутреннюю структуру, определяемую их назначением. Таковы, например, волшебные сказки, в основе которых лежит жесткий сценарий поведения действующих лиц, таковы хроникальные заметки или документы. Но созданы и достаточно любопытные программы, порождающие поэтические тексты, в которых наблюдается иная крайность – почти полное отсутствие смысловой структуры при достаточно жесткой структуре для формы.

Музыкальные программы, пожалуй, наиболее известны широкой публике, так как первые опыты по созданию таких программ дали сразу обнадеживающие результаты. Этот успех связан опять-таки с наличием, с одной стороны, жестких правил при построении мелодии, а с другой стороны, во многом обусловлен вероятностными моделями, порождающими остальные элементы музыкального произведения. Менее известны широкой публике программы, ориентированные на музыковедов, в которых имитируются стили исполнения или исследуется «анатомия» музыкальных произведений и процесса их сочинения. Однако весь комплекс музыкальных программ, хотя и не оказал прямого влияния на работы по искусственному интеллекту, оказался полезным для формирования общего взгляда на природу творческих процессов и их моделирования.

Узнающие программы зародились в недрах исследований по распознаванию образов. Но, как уже говорилось, многие из них оказали значительное влияние на идеи, характерные для работ по созданию интеллектуальных систем. При их создании были найдены методы оценивания похожести одних объектов на другие, заложены основы рассуждений по аналогии и ассоциации, использования обучающих последовательностей примеров и контрпримеров. Все это вошло в фонд методов, которыми пользуется специалист по искусственному интеллекту.

Несколько особняком стоят те программы, с помощью которых создаются машинные произведения в области графики и живописи. Эти исследования связаны, в основном, с созданием специальных программных и, в меньшей степени, аппаратных средств для устройств графического вывода. Но косвенно эти программы оказывают влияние на те разделы искусственного интеллекта, которые связаны с использованием зрительных образов при решении задач.

## 1.3 Системы, основанные на знаниях

Третье, основное, направление в искусственном интеллекте образует его фундамент. Именно здесь создается теория данного научного направления, решаются основные проблемы, связанные с центральным объектом изучения искусственного интеллекта – знаниями.

На рис. 1.4. показана структура этого направления. Всякая предметная (проблемная) область деятельности может быть описана в виде некоторой совокупности сведений о структуре этой области, основных ее характеристиках, процессах, протекающих в ней, а также о способах решения возникающих в ней задач. Все эти сведения образуют знания о предметной области. При использовании интеллектуальных систем для решения задач в данной предметной области, необходимо собрать о ней сведения и создать концептуальную модель этой области. Источниками знаний могут быть документы, статьи, книги, фотографии, киносъемка и многое другое. Из этих источников надо извлечь содержащиеся в них знания. Этот процесс может оказаться достаточно трудным, ибо надо заранее оценить важность тех или иных знаний для работы интеллектуальной системы. Специалисты, которые занимаются всеми вопросами, связанными со знаниями, теперь называются инженерами по знаниям или инженерами знаний. Эта новая профессия порождена развитием искусственного интеллекта.

|  |
| --- |
| Системы, основанные на знаниях |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | Извлечение знаний из различных источников |
|  |  |  |  |  |  |  | Формализация качественных знаний |
|  |  |  |  |  |  |  | Интеграция знаний |
|  |  |  |  | Приобретение знаний от профессионалов |
|  |  |  |  |  | Организация работы с экспертами |
|  |  |  |  |  | Оценка и формализация знаний |
|  |  |  |  |  | Согласование знаний |
|  |  |  |  | Представление знаний |
|  |  |  |  |  | Модели знаний |
|  |  |  |  |  |  | Семантические сети |
|  |  |  |  |  |  | Фреймы |
|  |  |  |  |  |  | Логические системы |
|  |  |  |  |  |  | Продукции |
|  |  |  |  |  | Системы представления знаний |
|  |  |  |  |  | Базы знаний |
|  |  |  |  | Манипулирование знаниями |
|  |  |  |  |  | Пополнение знаниями |
|  |  |  |  |  | Классификация знаний |
|  |  |  |  |  | Обобщение знаний |
|  |  |  |  |  | Вывод знаний |
|  |  |  |  |  |  |  | Резолюционные методы |
|  |  |  |  |  |  |  | Квазиаксиоматические системы |
|  |  |  |  |  |  |  | Системы правдоподобного вывода |
|  |  |  |  |  | Рассуждение с помощью знаний |
|  |  |  |  | Объяснение на знаниях |

###### Рис.1.4 – Системы, основанные на знаниях

В области извлечения знаний можно выделить два основных направления: формализация качественных знаний и интеграция знаний. Первое направление связано с созданием разнообразных методов, позволяющих переходить от знаний, выраженных в текстовой форме, к их аналогам, пригодным для ввода в память интеллектуальной системы. В связи с этой проблемой развивались не только традиционные методы обработки экспериментальных данных, но и совершенно новое направление, получившее название нечеткой математики. Возникновение этого направления связано с именем американского специалиста Л. Заде. Нечеткая математика и ее методы оказали существенное влияние на многие области искусственного интеллекта и, в частности, на весь комплекс проблем, связанных с представлением и переработкой качественной информации.

Когда инженер по знаниям получает знания из различных источников, он должен интегрировать их в некоторую взаимосвязанную и непротиворечивую систему знаний о предметной области. Проблема интеграции знаний пока еще не стоит столь остро, но уже ясно, что без ее решения вряд ли будет возможно создавать представления о предметной области, обладающие теми же богатыми нюансами, которыми она обладает для специалиста. Знаний, содержащихся в источниках информации, отчужденных от специалиста, как правило, недостаточно.

Значительная часть профессионального опыта остается вне этих источников, в головах профессионалов, не могущих словесно их выразить. Такие знания часто называют профессиональным умением или интуицией. Для того чтобы приобрести такие знания, нужны специальные приемы и методы. Они используются в инструментальных системах по приобретению знаний, создание которых – одна из современных задач инженерии знаний.

Полученные от экспертов знания нужно оценить с точки зрения их соответствия ранее накопленным знаниям и формализовать их для ввода в память интеллектуальной системы. Кроме того, знания, полученные от различных экспертов, надо еще согласовать между собой. Нередки случаи, когда эти знания оказываются внешне несовместимыми и даже противоречивыми. Инженер по знаниям должен путем опроса экспертов устранить эти противоречия. Следующая большая проблема, изучаемая в искусственном интеллекте, – это представление знаний в памяти системы. Для этого разрабатываются разнообразные модели представления знаний. В настоящее время в интеллектуальных системах используются четыре основные модели знаний. Первая модель, возможно, наиболее близка к тому, как представляются знания в текстах на естественном языке. В ее основе лежит идея о том, что вся необходимая информация может быть описана как совокупность троек вида: (a R b), где a и b − два объекта или понятия, а R – двоичное отношение между ними. Такая модель графически может представляться в виде сети, в которой вершинам соответствуют объекты или понятия, а дугам – отношения между ними. Дуги помечены именами соответствующих отношений. Такая модель носит название семантической сети. Впервые такое представление знаний под названием «язык синтагматических цепей» было, по-видимому, использовано в работах по ситуационному управлению, получивших развитие в СССР в середине шестидесятых годов.

Семантические сети в зависимости от характера отношений, допустимых в них, имеют различную природу. В ситуационном управлении эти отношения, в основном, описывали временные, пространственные и каузальные связи между объектами, а также результаты воздействия на объекты со стороны управляющей системы. В системах планирования и автоматического синтеза программ эти отношения являются связями типа «цель-средство» или «цель-подцель». В классифицирующих системах отношения передают связи по включению объемов понятий (типа «род-вид», «класс-элемент» и т.п.). Распространены так называемые функциональные семантические сети, в которых дуги характеризуют связи вида «аргумент-функция». Такие сети используются в качестве моделей вычислительных процессов или моделей функционирования дискретных устройств.

Таким образом, семантические сети – модель весьма широкого назначения. Теория семантических сетей еще не завершена, что привлекает к ней внимание многих специалистов, работающих в искусственном интеллекте. При различных синтаксических ограничениях на структуру семантической сети возникают более жесткие типы представления. Например, реляционные представления, характерные для реляционных баз данных, или каузальные представления в логике, получившие широкое распространение в машинных методах логического вывода или в языках логического программирования типа языка Пролог. В некотором смысле фреймовые представления знаний, широко распространенные в искусственном интеллекте, также являются видом семантических сетей, для перехода к которому надо удовлетворить ряд ограничений синтаксического характера. С понятием «фрейм» в искусственном интеллекте произошла некоторая трансформация смысла. Это понятие было введено в научный оборот М. Минским, который под фреймом некоторого объекта или явления понимал то его минимальное описание, которое содержит всю существенную информацию об этом объекте или явлении и обладает тем свойством, что удаление из описания любой его части приводит к потере существенной информации, без которой описание объекта или явления не может быть достаточным для их идентификации. Однако позже в работах по представлению знаний [18] требование по минимальности описания перестали соблюдать и под фреймами стали понимать структуры вида: <имя фрейма; (множество слотов)>. Каждый слот есть пара вида: (имя слота, значение слота). Допускается, чтобы слот сам был фреймом. Тогда в качестве значений слота выступает множество слотов. Другими возможностями для заполнения слотов могут быть константы, переменные, любые допустимые выражения в выбранной модели знаний, ссылки на другие слоты и фреймы и т.п. Таким образом, фрейм представляет собой достаточно гибкую конструкцию, позволяющую отображать в памяти интеллектуальной системы разнообразные знания.

Две другие распространенные модели знаний опираются на классическую логическую модель вывода. Это либо логические исчисления, типа исчисления предикатов и его расширения, либо системы продукций, т.е. правила вида: «Если А, то Б», задающих элементарные шаги преобразований и умозаключений. Эти две модели знаний отличаются явно выраженной процедурной формой. Поэтому часто говорят, что они описывают процедурные знания, а модели знаний, опирающиеся на семантические сети, описывают декларативные знания. Оба вида знаний могут сосуществовать друг с другом. Например, в качестве значений некоторых слотов во фрейме могут выступать продукции. Именно такие смешанные представления оказываются сейчас в центре внимания исследователей, так как они сулят наиболее хорошие перспективы по представлению знаний.

Перечисленные модели знаний возникли в искусственном интеллекте как бы насильственно. Они не опираются на аналоги структур для представления знаний, которыми пользуются люди. Это связано с плохой изученностью форм представления знаний у человека.

В интеллектуальных системах, для хранения и использования знаний создаются специальные представления знаний, включающие в свой состав всю совокупность процедур, необходимых для записи знаний, извлечения их из памяти и поддержки хранилища знаний в рабочем состоянии. Системы представления знаний часто оформляются как базы знаний, являющиеся естественным развитием баз данных. Теория баз знаний составляет заметную часть современного искусственного интеллекта. Именно в них сосредотачиваются сейчас все основные процедуры манипулирования знаниями.

Среди этих процедур можно, прежде всего, отметить процедуры пополнения знаний. Все человеческие знания, содержащиеся в текстах, таковы, что они принципиально не полны. Воспринимая тексты, мы как бы пополняем их за счет той информации, которая нам известна и которая имеет отношение к данному тексту. Аналогичные процедуры должны происходить в базах знаний. Новые знания, поступающие в них, должны вместе с теми сведениями, которые уже были ранее записаны в базу, сформировать расширение поступивших знаний. Среди этих процедур особое место занимают псевдофизические логики (времени, пространства, действий и т.п.), которые, опираясь на законы внешнего мира, пополняют поступающую в базу знаний информацию.

Знания, как и у человека, в интеллектуальных системах хранятся не бессистемно. Они образуют некоторые упорядоченные структуры, что облегчает поиск нужных знаний и поддержание работоспособности баз знаний. Для этого используются различные классифицирующие процедуры. Типы классификаций могут быть весьма различными. Это могут быть родовидовые классификации, классификации типа «часть-целое» или ситуативные классификации, когда в одно множество объединяются все те знания, которые релевантны некоторой типовой ситуации. В этой области исследования по искусственному интеллекту тесно соприкасаются с теорией классификации, давно существующей как некоторая самостоятельная ветвь науки.

В процессе классификации часто происходит абстрагирование от отдельных элементов описаний, от отдельных фрагментов знаний об объектах и явлениях. Это приводит к появлению обобщенных знаний. Обобщение может идти на несколько шагов, что приводит, в конце концов, к абстрактным знаниям, для которых нет прямого прообраза во внешнем мире. Манипулирование абстрактными знаниями повышает интеллектуальные возможности систем, делая эти манипуляции весьма общими по своим свойствам и результатам. Обобщение знаний и формирование понятий в системах искусственного интеллекта – одно из активно развивающихся направлений, в котором работает немало специалистов.

Особое место занимают процедуры, связанные с выводом на знаниях, получением на основании имеющихся знаний новых знаний. Вывод на знаниях зависит от той модели, которая используется для их представления. Если в качестве представления используются логические системы или продукции, то вывод на знаниях весьма близок к стандартному логическому выводу. Это же происходит при представлении знаний в каузальной форме. Во всех случаях в интеллектуальных системах используются методы вывода, опирающиеся на идею обратного вывода С. Ю. Маслова (как на языке ПРОЛОГ при клаузальной форме представления). Но простое заимствование идей и методов математической логики, под знаком чего происходило развитие работ в искусственном интеллекте в семидесятых годах, не привело к сколько-нибудь значительным результатам. Основное отличие баз знаний и баз данных интеллектуальных систем от тех объектов, с которыми имеет дело формальная логическая система, это их открытость. Возможность появления в памяти интеллектуальной системы новых файлов, новых сведений приводит к тому, что начинает разрушаться принцип монотонности, лежащий в основе функционирования всех систем, изучаемых математической логикой.

Согласно этому принципу, если некоторое утверждение выводится в данной системе, то никакие дополнительные сведения не могут изменить этот факт. В открытых системах это не так. Новые сведения могут изменить ситуацию, и сделанный ранее вывод может стать неверным.

Немонотонность вывода в открытых системах вызывает немалые трудности при организации вывода на знаниях. В последнее десятилетие, сторонники логических методов в искусственном интеллекте делают попытки построить новые логические системы, в рамках которых можно было бы обеспечить немонотонный вывод. На этом пути больше трудностей, чем результатов. И дело не только в немонотонности вывода. По сути, системы, с помощью которых представляются знания о предметных областях, не являются строго аксиоматическими, как классические логические исчисления. В последних аксиомы описывают извечные истины, верные для любых предметных областей. А в интеллектуальных системах каждая предметная область использует свои, специфические, верные только в ней утверждения. Поэтому и системы, которые возникают при таких условиях, следует называть квазиаксиоматическими. В таких системах вполне возможна смена исходных аксиом в процессе длительного вывода, и, как следствие этого, изменение этого вывода.

И, наконец, еще одна особенность вывода на знаниях, доставляющая немало забот исследователям, занятым формированием решений в интеллектуальных системах. Это неполнота сведений о предметной области и протекающих в ней процессах, неточность входной информации, не совсем полная уверенность в квазиаксиомах. А это означает, что выводы в интеллектуальных системах носят не абсолютно достоверный характер, как в традиционных логических системах, а приближенный, правдоподобный характер. Такие выводы требуют развитого аппарата вычисления оценок правдоподобия и методов оперирования с ними. Подобные исследования сейчас в искусственном интеллекте развиваются широким фронтом. По сути, рождается новая теория вывода, в которую лишь как небольшая часть входит достоверный вывод, изучавшийся в течение многих десятилетий логиками.

В интеллектуальных системах специалисты стремятся отразить основные особенности человеческих рассуждений, опыт тех специалистов, которые обладают профессиональными умениями, пока не полностью доступными искусственным системам. Поэтому бурно развивается та область, которую в искусственном интеллекте называют моделированием человеческих рассуждений.

К ним относятся аргументации на основе имеющихся знаний, рассуждения по аналогии и ассоциации, оправдание заключения в системе имеющихся прагматических ценностей и многое другое, чем люди пользуются в своей практике. Привнесение всех этих приемов в интеллектуальные системы, без сомнения, сделает их рассуждения более гибкими, успешными и человечными.

Когда некто высказывает свое мнение, то для того, чтобы согласиться или не согласиться с ним, необходимо знать те же основания, которые лежат в основе его мнения. Если эти основания неизвестны, то имеется возможность попросить своего оппонента объяснить, как он пришел к своему мнению. Аналогичная функция возникла и в интеллектуальных системах. Поскольку они принимают свои решения, опираясь на знания, которые могут быть неизвестны пользователю, решающему свою задачу с помощью интеллектуальной системы, то он может усомниться в правильности полученного решения. Интеллектуальная система должна обладать средствами, которые могут сформировать пользователю необходимые объяснения. Объяснения могут быть различного типа. Они могут касаться самого процесса решения оснований, которые были для этого использованы, способов отсечения альтернативных вариантов и т.п. Все это требует развитой теории объяснения, что стимулирует сейчас активность исследований в этом направлении.

## 1.4 Интеллектуальное программирование

Теперь можно перейти к четвертому основному направлению в искусственном интеллекте – программистскому взгляду на эту область. Общая структура исследований в этом направлении показана на рис. 1.5.

|  |
| --- |
| Интеллектуальное программирование |
|  |  |  | Языки для искусственного интеллекта  |
|  |  |  |  |  | Языки логического программирования |
|  |  |  |  |  | Объектно-ориентированные языки |
|  |  |  |  |  | Языки для представления знаний |
|  |  |  | Автоматический синтез программы |
|  |  |  |  | Дедуктивные методы |
|  |  |  |  | Индуктивные методы |
|  |  |  | Инструментальные системы |
|  |  |  |  | «Пустые» системы |
|  |  |  |  | Оболочки |
|  |  |  | Системы когнитивной графики |

###### Рис.1.5 – Интеллектуальное программирование

Из огромного количества языков программирования, созданных для различных целей, в работах по искусственному интеллекту используется мизерная часть. В подавляющем большинстве случаев из ранее известных языков используется ЛИСП и все его многочисленные версии. Куда меньше используется Паскаль и Си. Зато именно искусственный интеллект породил ПРОЛОГ (в самом начале он был стимулирован к жизни работами в области машинного перевода, но Р. Ковальский понял, что в идее каузальных логических выражений и в процедурах вывода кроется куда более общая идея). Вместе с ПРОЛОГом родилось и некоторое семейство языков программирования, в основе которых лежит идея логического вывода.

На сегодняшний день все специалисты в области искусственного интеллекта работают на ЛИСПе или на ПРОЛОГе.

Языки логического программирования расцветали вместе с идеей, что логический вывод есть основа всех процессов решения задач в искусственном интеллекте (расцвет ЛИСПа был связан с предшествующим этапом развития искусственного интеллекта, когда считалось, что основой всех процессов решения задач являются хорошо организованный перебор и поиск). Сейчас начинает казаться, что на смену языкам типа ПРОЛОГа должны прийти языки программирования, в которых основной конструкцией является объект и его свойства и признаки. Такие объектно-ориентированные языки уже появились. Наиболее известным их представителем является СМОЛТОК. Парадигма, связанная с языками такого типа, состоит в том, что решение задач может мыслиться как манипулирование с понятиями, обобщающими объекты, с помощью которых описываются предметные области.

Особняком стоят языки для представления знаний. Таковы языки, ориентированные на фреймы KL-1, KRL, FRL, или язык ПИЛОТ, ориентированный на модель знаний в виде продукций. Пока таких языков немного и они не достигли еще уровня, на котором можно конкурировать с мощным программным окружением таких языков, как ЛИСП или ПРОЛОГ.

Весьма небыстро развиваются работы, связанные с автоматическим программированием. Две ветви этих работ:

1. Создание нужных программ из готовых модулей по специфицированному описанию исходной задачи на основании некоторой дедуктивной системы, осуществляющей синтез путем процедуры, напоминающей логический вывод (программа как бы извлекается из траектории вывода).

2. Индуктивный способ генерирования программ на основе обучения на множестве примеров.

Обе эти ветви пока дали достаточно скромные результаты, но энтузиасты считают, что трудности преодолимы.

Наиболее бурно развиваются работы в области создания инструментальных систем, предназначенных для быстрого проектирования и разработки самых разнообразных интеллектуальных систем. Общая идея тут состоит в том, чтобы создать некоторую систему-прототип, затратив на ее создание достаточно много усилий. Но затем использовать для решения задач в конкретной предметной области.

Если в системе-прототипе заранее зафиксированы все средства заполнения базы знаний и манипулирования знаниями в ней, но сама база знаний не заполнена, то такая инструментальная система называется «пустой». Чтобы «настроить» ее на некоторую предметную область, инженер по знаниям должен, используя готовую форму представления знаний, ввести в базу знаний всю необходимую информацию о предметной области. После этого система-прототип превращается в готовую интеллектуальную систему.

Сейчас интерес к пустым системам резко уменьшился. Оказалось, что даже для однотипных предметных областей переход от одной области к другой может потребовать модификации тех или иных средств для манипулирования знаниями, а иногда и формы представления знаний. Поэтому основные усилия разработчиков сейчас направлены на создание систем-оболочек. В таких инструментальных системах имеется возможность при переходе к конкретной системе варьировать в достаточно широких пределах форму представления знаний и способы манипулирования ими. Конечно, такая гибкость требует больших затрат на создание системы-оболочки, но эти затраты оправданы. В этой области уже получены интересные результаты, и именно здесь программисты, специализирующиеся в области интеллектуальных программных систем, ожидают большого прорыва в интеллектуальное программирование завтрашнего дня.

Системы когнитивной графики – новое направление в интеллектуальном программировании. В персональных ЭВМ имеются достаточно развитые графические средства, но они как бы оторваны от остальных средств, существуют автономно. Но одна из центральных идей искусственного интеллекта – это идея о том, что суть самого феномена интеллекта состоит в совместной работе двух систем переработки информации: зрительной, создающей образную картину мира, и символической, способной к абстрактному мышлению, к оперированию с понятиями, интегрирующими образы внешнего мира. Возможность перехода от зрительной картины к ее текстовому (символическому) описанию и от текста к некоторой зрительной картине, могущей быть представительницей этого текста, составляет, по-видимому, основу того, что называется мышлением.

Успехи искусственного интеллекта определяются тем, что символьная система достаточно хорошо изучена и промоделирована в искусственных системах. Со зрительной системой дело обстоит хуже. Мы пока еще не слишком много знаем о том, как хранятся зрительные образы в памяти человека, как они обрабатываются и, что самое главное, как они соотносятся с текстами, им соответствующими.

Когнитивная графика как раз и занимается приемами соотнесения текстов и зрительных картин через общее представление знаний, интегрирующих тексты и зрительные образы. Это направление в искусственном интеллекте признается всеми, как весьма перспективное. Его развитие даст новый виток развития наших представлений о способах решения задач, стимулирующих развитие систем параллельной обработки, создаст предпосылки перехода к новой технологии решения задач.

Пока в этом направлении делаются первые шаги. Появились программы, которые занимаются оживлением картин на экране дисплея, первые программы, в которых оживление происходит не на основании некоторых жестких процедур, как при создании мультипликации, а в соответствии с некоторыми текстами на ограниченном естественном языке, вводимыми в систему. Но исследования в этом направлении неуклонно расширяются, и специалисты считают, что в ближайшие годы в этой области будут получены новые фундаментальные результаты.

## 1.5 Интеллектуальные системы

Нам осталось рассмотреть последнее направление в искусственном интеллекте. Если первые три направления носили, в основном, теоретический характер, а четвертое – инструментальный, то пятое направление ориентировано на создание практических систем, построенных на основе достижений теории искусственного интеллекта. Общая структура этого направления показана на рис. 1.6.

Интеллектуальные системы обладают рядом особенностей, отличающих их от систем, создававшихся до развития работ по искусственному интеллекту. Общая структура интеллектуальной системы показана на рис. 1.7. Кроме обычной ЭВМ со всеми ее вычислительными и логическими возможностями, интеллектуальная вычислительная система включает в себя еще ряд блоков. Они могут быть аппаратно независимы от ЭВМ или имитироваться теми средствами, которые имеются в ЭВМ там, где это возможно (ясно, например, что сенсоры и эффекторы не могут быть смоделированы на ЭВМ, если ими надо пользоваться в реальной среде). Охарактеризуем кратко блоки интеллектуальной системы. Интеллектуальный интерфейс включает в себя средства общения между интеллектуальной средой и пользователем. В его состав входят лингвистический процессор, обеспечивающий ввод, вывод и понимание текстов на ограниченном профессиональном естественном языке, система ввода-вывода речи, система восприятия зрительных образов и, наконец, сенсоры, способные воспринимать и первично обрабатывать различные по своей природе сигналы, поступающие от внешнего мира (радиосигналы, электрические измерительные сигналы, сигналы телекоммуникаций и т.п.). На выходе интеллектуального интерфейса возникает информация, согласованная по форме с принятой в интеллектуальной системе моделью представления информации, которая имеет определенный маркер, свидетельствующий о том, куда эта информация должна быть направлена. На внутреннем входе интеллектуального интерфейса эта информация перекодируется в нужную форму и выдается потребителям.

|  |
| --- |
| Интеллектуальные системы |
|  |  |  |  |  | Экспертные системы |
|  |  |  |  |  |  | Системы для широких кругов пользователей |
|  |  |  |  |  |  | Системы для специалистов |
|  |  |  |  |  | Интеллектуальные информационные системы |
|  |  |  |  |  | Расчетно-логические (гибридные) системы |
|  |  |  |  |  | Интеллектуальные САПРы и САНИ |
|  |  |  |  |  | Интеллектуальные роботы |
|  |  |  |  |  | Обучающие программы |
|  |  |  |  |  |  |  | Системы школьного и вузовского образования |
|  |  |  |  |  |  |  | Интеллектуальные тренажеры |
|  |  |  |  |  |  |  | Консультирующие системы |

Рис.1.6 – Интеллектуальные системы

Таким образом, интеллектуальный интерфейс сам по себе есть весьма сложное устройство (комплекс программных систем), что позволяет рассматривать его в виде специализированного процессора общения. В его состав в конкретной реализации могут входить не все части, показанные на рис. 1.6.

Следующий блок интеллектуальной системы – решатель − организует всю работу системы. Он является основным блоком по пересылке информации и ее переработке. В реальных интеллектуальных системах решатель не обязан сосредотачивать все свои функции в одном физическом блоке. Такая абсолютная централизация может отрицательно сказаться на эффективности работы системы. Поэтому схема на рис. 1.7. отражает не физический состав системы, а ее функциональную схему.

В решателе в рабочих полях памяти хранится вся промежуточная информация, информация, которая хранится лишь определенное время, служебная информация и т.д. Решатель, как это видно из рисунка, может выполнять роль интерфейса между интеллектуальной системой и ЭВМ, на которой происходят все необходимые вычисления, либо представлять собой специализированную ЭВМ. Поэтому наличие ЭВМ, указанной внутри квадратика, специализирующего решатель, не является обязательным.

В базе знаний хранится вся необходимая для решения задач информация о предметной области. Текущие фактические данные, отражающие ее состояние и предысторию, хранятся в базе данных. Для организации целенаправленного функционирования интеллектуальной системы служит система планирования, в которой хранится априорно заложенная совокупность целей, а также запоминаются новые цели, полученные с помощью системы обучения. Система обучения, кроме того, участвует в формировании новых знаний за счет анализа результатов взаимодействия интеллектуальной системы с внешней средой.

Системы объяснения и доверия служат для обоснования полученных решений, если получатель интересуется этим. Об объяснениях уже говорилось. Система доверия или обоснования привлекает информацию из базы знаний, которая непосредственно не участвовала в формировании решения, но заключает в себе дополнительные аргументы в пользу полученного решения. Наконец, система когнитивной графики помогает пользователю, работающему в интерактивном режиме, в решении задач.

Если эту общую структуру интеллектуальной системы соотнести с типами интеллектуальных систем, перечисленных на рис. 1.6, то можно составить таблицу, в которой указаны те обязательные блоки из общей структуры, приведенной на рис. 1.7, которые присутствуют в структуре интеллектуальной системы данного типа. Эта таблица выглядит следующим образом.

Пользователь

Лингвистический процессор

1

Анализ и синтез речи

2

Система зритель-ного восприятия

3

Сенсо-ры

4

Эффек-торы

5

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС

##### Решатель

ЭВМ

Система обучения

База данных

7

Система

планирования

10

База знаний

8

Система

объяснения

Система

 доверия

Блок обоснования

 11

Система когнитивной графики

12

### Внешняя среда

Рис 1.7 – Функциональная схема интеллектуальной системы

 Таблица 1.1

| Тип системы | Номер блоков |
| --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Экспертная система | + |  | - | - | - | + | + | + |  |  | + |  |
| Интеллектуальная информационная система | + |  | - | - | - | + | + | + | - | - | - | - |
| Расчетно-логическая система | + | - | - | - | - | + | + | + |  | + | - | + |
| Интеллектуальные САПРы и САНИ | + | - |  | - | - | + | + | + | - | + |  | + |
| Обучающая система | + |  | - | - | - | + | + | + | + | + | + | - |

Пустые места в этой таблице соответствуют тому, что данный блок может входить или не входить, в зависимости от решаемых задач, в состав интеллектуальной системы данного типа.

Перейдем теперь к рассмотрению классов интеллектуальных систем. Экспертные системы получили в последнее десятилетие широкую известность. Они первыми из интеллектуальных систем входят в наш быт, и, по-видимому, их влияние в обыденной жизни будет наиболее ощутимым. Свое название экспертные системы получили в связи с тем, что основу знаний, хранящихся в их памяти, составляют сведения, приобретенные от экспертов-профессионалов в тех или иных предметных областях. В них входит стандартное ядро любой интеллектуальной системы (лингвистический процессор, решатель, база данных и база знаний), а также система обоснования, являющаяся обязательной составляющей экспертных систем. Во всяком случае, именно в экспертных системах впервые возникла идея объяснения, а затем и функция доверия.

Экспертные системы бывают двух типов. К первому типу относятся системы, задачей которых является подъем общего уровня профессионализма в некоторой предметной области (медицине геологии, юриспруденции и др.). Такие системы выступают, как правило, в роли помощников-консультантов. В сложных случаях рядовой специалист может обратиться к ним за помощью, ибо в базе знаний экспертной системы хранится «на все случаи жизни» обобществленный опыт ведущих специалистов в этой области, а также информация, извлеченная из различных источников знаний. Такие экспертные системы могут играть роль простого приказчика, диагностировать совместно с человеком те или иные ситуации, осуществлять прогноз и регноз (поиск причин) и выполнять многие другие функции. Управление часто выполняет некоторый сценарий общения с пользователем, а работа самого пользователя не требует от него никаких специальных знаний.

Это системы массовые, доступные всем специалистам. Экспертные системы такого типа должны быть недорогими, и современная промышленность интеллектуальных систем готовится к тому, чтобы сделать экспертные системы такого типа бытовым прибором широкого распространения.

Второй тип экспертных систем рассчитан на специалистов высокой квалификации. Это системы-помощники, берущие на себя вспомогательную роль в деятельности специалиста. Они могут снабжать его разнообразной информацией, делать технические расчеты и выводы, подсказывать специалисту альтернативные решения и т.д. Такие системы играют роль специфического инструмента, помогающего специалисту сделать свою деятельность более эффективной. Будучи включенными в систему передачи данных, такие экспертные системы становятся для пользователя способом провести консультации с коллегами, получить интересующую информацию из хранилищ, расположенных в других местах, подключиться к мощным ЭВМ, когда возникает необходимость в проведении сложных расчетов.

Информационные системы начали строить еще до появления ЭВМ. С их появлением информационные системы стали строить на их основе. Но только развитие работ в области искусственного интеллекта сделало возможным создание информационных систем, удовлетворяющих пользователей с точки зрения комфортности общения с ними. В таких системах интеллектуальный интерфейс обеспечивает пользователю возможность входа в систему с запросами на обычном профессиональном языке, а наличие базы знаний и решателя позволяет в информационных системах такого уровня обеспечивать поиск ответа и тогда, когда прямого ответа на него в базе данных нет. Активное развитие интеллектуальных информационных систем обеспечивает основы перехода к информационному обществу.

Появление методов решения задач, характерных для искусственного интеллекта, не отменило всего того, что накопила за многие годы вычислительная математика. Многие задачи экономического планирования, моделирования социальных процессов, управления сложными организационно-техническими системами и многие другие виды задач требуют совместного использования численных методов и моделей, опирающихся на качественные рассуждения специалистов. Так возникают гибридные системы, в которых при решении задач чередуются этапы чистых вычислений и логических рассуждений, связанных с выбором дальнейшего пути решений по результатам, полученным к этому моменту. Системы такого типа называют расчетно-логическими. Их появление характеризует переход всех систем, используемых при решении самых различных задач прогнозирования, планирования и управления, на новый уровень. Пользователи таких систем обычно решают свои задачи не в одиночку, а целыми коллективами. Все члены этого коллектива, решая свои задачи, должны взаимодействовать с другими участниками. Расчетно-логические системы дают им такую возможность даже в том случае, когда участники находятся в различных местах. Электронная связь (почта) через ЭВМ и каналы передачи данных позволяет им обмениваться необходимой информацией, а интеллектуальные интерфейсы делают этот обмен по форме ничем не отличающимся от обычного общения специалистов между собой.

Системы автоматизированного проектирования (САПРы) и системы автоматизации научных исследований (САНИ) уже занимают значительное место в нашей инженерной и научной деятельности. Появление в них ядра интеллектуальной системы позволит, как и в случае расчетно-логических систем, значительно повысить уровень принимаемых коллективных и индивидуальных решений и обеспечит для специалистов куда более удобный способ общения с САПРами и САНИ, чем это было до сих пор. Во всяком случае, интеллектуализация систем таких типов сейчас идет весьма быстро.

Робототехника, создавшая роботов первых двух поколений, работавших по жестким программам, пришла к третьему поколению – интеллектуальным роботам. Роботы этого поколения должны работать в динамической среде, когда их действия заранее не могут быть заданы жесткими схемами. Такие роботы должны уметь оценивать текущую ситуацию, классифицировать ее и планировать свою деятельность в соответствии с теми глобальными целями и задачами, которые были априорно заложены в их память. Способные действовать автономно, эти роботы могут работать в тех средах, где пребывание человека невозможно или опасно, а также выполнять такие технологические операции, которые человеку недоступны.

Последний класс интеллектуальных систем, известный сегодня в искусственном интеллекте, это обучающие системы. Такие системы также возникли еще до появления работ в области искусственного интеллекта, но только методы, разработанные в новом направлении науки, позволили сделать такие системы эффективными. Прежде всего, это касается систем для индивидуального и группового обучения в школе или в высших учебных заведениях. Уже накоплен немалый опыт использования таких обучающих систем. И стало ясно, что доля обучающих систем в человеческом образовании будет непрерывно возрастать.

Особый класс обучающих систем составляют интеллектуальные тренажеры. Они соединяют в себе обычный тренажер с системой, имитирующей деятельность инструктора. Такие тренажеры должны резко повысить качество профессиональной подготовки людей в различных сферах человеческой деятельности.

Консультирующие системы, обеспечивающие индивидуальную консультацию по широкому кругу проблем, интересующих людей различных социальных групп, также могут быть отнесены к обучающим системам, так как в процессе общения с ними люди приобретают новую информацию и новые знания, а следовательно, обучаются.

Вот те основные направления работ, образующих в совокупности направление, которое называется искусственный интеллект. Конечно, сказанное не более чем весьма поверхностное описание той вершины айсберга искусственного интеллекта, которая видна с первого взгляда. Все остальное, куда большее, находится вне уровня, на котором можно описывать науку, не вдаваясь в дебри используемой в ней терминологии, приемов, методов.

**Упражнения**

1.1 Назовите две точки зрения (два подхода) на область искусственного интеллекта и их суть.

1.2 Представьте схему строения искусственного интеллекта.

1.3 Перечислите элементы нейроподобных структур.

1.4 Объясните сущность формального нейрона, нейрокомпьютера.

1.5 Перечислите группы программ для решения интеллектуальных задач.

1.6 Представьте структуру систем, основанных на знаниях.

1.7 Назовите модели знаний.

1.8 В чем заключается манипулирование знаниями?

1.9 Представьте общую структуру исследований в интеллектуальном программировании.

1.10 Как Вы понимаете систему когнитивной графики?

1.11 Общая структура направления интеллектуальных систем.

1.12 Представьте общую структуру интеллектуальной системы.

1.13 Перечислите модули (блоки) интеллектуальной системы.

1.14 Чем отличается интеллектуальная информационная система от экспертной системы?

1.15 Назовите два типа экспертных систем.

1.16 Определите понятие «интеллект».

1.17 Определите понятие «искусственный интеллект».

1.18 Назовите функции системы объяснения.

1.19 Чем отличается база данных от базы знаний?

1.20 Что Вы понимаете под интеллектуальным интерфейсом?

1.21 Перечислите блоки интеллектуального интерфейса.