

Парадигма развития науки

А. Е. Кононюк

**Основы фундаментальной
теории искусственного
интеллекта**

Книга 10

**Представление знаний в
искусственном интеллекте**

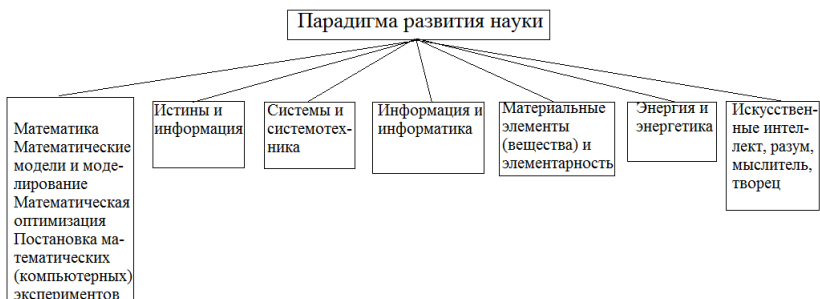
**Киев
«Освіта України»
2018**



Кононюк Анатолий Ефимович



Структурная схема парадигмы развития науки



УДК 51 (075.8)

ББК В161.я7

К65

Рецензент:

Н.К.Печурин - д-р техн. наук, проф. (Национальный авиационный университет).

Кононюк А. Е.

К213 Основы фундаментальной теория искусственного интеллекта. — В 20-и кн. Кн.10. — К.:Освіта України. 2018.— 620 с.

ISBN 978-966-373-693-8 (многотомное издание)

ISBN 978-966-373-694-20 (книга 10)

Многотомная работа посвящена систематическому изложению общих формализмов, математических моделей и алгоритмических методов, которые могут быть используемых при моделировании и исследованиях математических моделей объектов искусственного интеллекта.

Развиваются представления и методы решения, основанные на теориях эвристического поиска и автоматическом доказательстве теорем, а также процедуральные методы, базирующиеся на классе проблемно-ориентированных языков, сочетающих свойства языков программирования и автоматических решателей задач отображения искусственного интеллекта различными математическими средствами.

В работе излагаются основы теории отображения искусственного интеллекта такими математическими средствами как: множества, отношения, поверхности, пространства, алгебраические системы, матрицы, графы, математическая логика и др.

Для бакалавров, специалистов, магистров, аспирантов, докторантов всех специальностей.

УДК 51 (075.8)

ББК В161.я7

ISBN 978-966-373-693-8 (многотомное издание) © Кононюк А. Е., 2018

ISBN 978-966-373-694-20 (книга 10) © Освіта України, 2018

Оглавление

1. Основные положения
 - 1.1. Познание
 - 1.1.1. Цель и формы познания
 - 1.1.2. Моторное познание и его уровни
 - 1.2. Знание
 - 1.2.1. Многообразие форм знаний
 - 1.2.2. Отличительные характеристики знания
 - 1.2.3. Управление знаниями
 - 1.2.4. Непосредственное знание
 - 1.2.5. Научное знание
 - 1.2.6. Неявные и явные знания
 - 1.2.7. Знание во времени
2. Свойства и функции знаний
 - 2.1. Знания, определения и их свойства
 - 2.2. Свойства знаний
 - 2.3. Модели представления знаний
 - 2.4. Методы фильтрации знаний
 - 2.5. Функции знаний
 - 2.5.1. Репрезентативная функция знаний
 - 2.5.2. Эвристическая функция знаний
 - 2.5.2.1. Эвристические методы
 - 2.5.2.2. Эвристические модели
 - 2.5.2.3. Особенности эвристической деятельности
 - 2.5.2.4. Результаты эвристической деятельности
 - 2.5.3. Прогностическая функция знания (науки)
 - 2.5.4. Оценочная функция знаний
3. Классификация знаний
 - 3.1. Проблема построения классификации знаний.....78
 - 3.2. Типы классификаций знаний
 - 3.3. Классификация знаний в области программирования
4. Формы научного знания
 - 4.1. Наука как особая форма знания
 - 4.1.1. Наука как форма деятельности
 - 4.1.2. Наука как форма знания
 - 4.1.3. Наука как социальный институт
 - 4.2. Знание: его природа и типология
 - 4.2.1. Научное и ненаучное Знание: формы их взаимодействия
 - 4.3. Понятие научной дисциплины
 - 4.3.1. Современные способы организации науки
 - 4.3.2. Классификация наук

- 4.3.3. Периодизация наук
- 4.4. Формы научного знания: факты, проблемы, гипотезы, теории, парадигмы
 - 4.4.1. Факт
 - 4.4.2. Проблема
 - 4.4.3. Гипотеза
 - 4.4.4. Теория
 - 4.4.5. Парадигма
- 4.5. Основания, идеалы и нормы науки
 - 4.5.1. Идеалы и нормы исследования
 - 4.5.2. Научная картина мира.....115

1. Основные положения

1.1. Познание

Познание — совокупность процессов, процедур и методов приобретения знаний о явлениях и закономерностях объективного мира.

Познание является основным предметом гносеологии (теории познания). Устанавливая сущность познания, его формы и принципы, теория познания стремится ответить на вопрос, **как возникает знание и как оно соотносится с действительностью.**

Познание изучается не только философией. Существует ряд других специальных наук и научных дисциплин, исследующих тот же предмет: когнитивная психология, научная методология, история науки, науковедение, социология знания и т. д. Однако большинство этих наук изучают познание, рассматривая только его отдельные аспекты.

1.1.1. Цель и формы познания

Декарт видел цель познания в овладении силами природы, а также в усовершенствовании самой природы человека

Формы познания

Говоря о формах познания, выделяют прежде всего научное и ненаучное познание, причём к последнему относятся обыденное и художественное познание, а также познание мифологическое и религиозное.

Научное

Научное познание, в отличие от других многообразных форм познания — это процесс получения объективного, истинного знания, направленного на отражение закономерностей действительности. Научное познание имеет **тройную задачу и связано с описанием, объяснением и предсказанием процессов и явлений наблюдаемой действительности.**

Художественное

Отражение существующей реальности через знаки, символы, художественные образы.

Философское

Философское познание представляет собой особый тип целостного познания мира. Спецификой философского познания является стремление выйти за пределы фрагментарной действительности и найти фундаментальные принципы и основы бытия, определить место человека в нём. Философское познание основано на определённых мировоззренческих предпосылках. В его состав входят: гносеология, онтология и этика. В процессе философского познания субъект стремится не только понять бытие и место человека в нём, но и показать, какими они должны быть (аксиология), то есть стремится создать идеал, содержание которого будет обусловлено избранными философом мировоззренческими постулатами.

Мифологическое

Мифологическое познание характерно для первобытной культуры. Такое познание выступает как целостное дотеоретическое объяснение действительности при помощи чувственно-наглядных образов сверхъестественных существ, легендарных героев, которые для носителя мифологического познания предстают реальными участниками его повседневной жизни. Мифологическое познание характеризуется персонификацией, олицетворением сложных понятий в образах богов и антропоморфизмом.

1.1.2. Моторное познание и его уровни

Понятие **моторного познания** охватывает явление познания, воплощенного в действии, при котором моторная система участвует в том, что рассматривается как умственная обработка, включая процессы, обеспечивающие социальное взаимодействие. **Моторное познание** принимает во внимание подготовку и производство действий, а также процессов, участвующих в распознавании, предсказании, имитации и понимании поведения других людей. Основная единица моторной парадигмы *познания* - *действие*, выраженное как перемещения, произведенные, чтобы удовлетворить намерение определенной моторной цели, или выраженное в реакции на значимое событие в физических и социальных средах. Эта парадигма получила большое внимание и эмпирическую поддержку в последние годы со стороны множества грандов исследования (Соммервиль Ж.А., Десети Дж.), включая психологию развития, познавательную (когнитивную) нейробиологию и социальную психологию.^[6]

Уровни научного познания

Выделяют два уровня научного познания: эмпирический (опытный, чувственный) и теоретический (рациональный). Эмпирический уровень познания выражен в наблюдении, эксперименте и моделировании, тогда как теоретический — в обобщении результатов эмпирического уровня в гипотезах, законах и теориях.

Всё, доступное познанию, Платон в VI книге «Государство» делит на два рода: чувственно-воспринимаемое и познаваемое умом. Отношение между сферами чувственно-воспринимаемого и умопостигаемого определяет и отношение разных познавательных способностей: ощущения позволяют познавать (хоть и недостоверно) мир вещей, разум позволяет узреть истину.

И. Кант: «Существуют два основных ствола человеческого познания, вырастающие, быть может, из одного общего, но неизвестного нам корня, а именно чувственность и рассудок: посредством чувственности предметы нам даются, рассудком же они мыслятся». И. Кант

Познание в психологии

В психологии познание (когнитивность) рассматривают как способность к умственному восприятию и переработке внешней информации. Это понятие применяется по отношению к психическим процессам личности и особенно к так называемым «психическим состояниям» (убеждениям, желаниям и намерениям). Данный термин также используется шире, обозначая акт познания или само знание и может быть интерпретирован в культурно-социальном смысле как обозначающий появление знания и концепций, связанных с этим знанием.

Изучение типов когнитивных процессов находится под влиянием тех исследований, которые успешно использовали парадигму «когнитивности» в прошлом. Понятие «когнитивные процессы» часто применяли к таким процессам как память, внимание, восприятие, действие, принятие решений и воображение. Эмоции традиционно не относят к когнитивным процессам. Вышеприведённое деление теперь считается во многом искусственным, проводятся исследования, изучающие когнитивную составляющую эмоций. Эмпирические исследования когнитивности обычно пользуются научной методологией и количественным методом, иногда включают также построение моделей какого-то отдельного типа поведения.

Теория когнитивности, в отличие от нейрокогнитивности, не всегда рассматривает когнитивные процессы в их связи с мозговой деятельностью или какими-либо иными биологическими проявлениями, описывая поведение индивида в терминах информационного потока или функционирования. Сравнительно

недавние исследования в таких областях, как когнитология (в общем смысле, наука о мышлении) и нейропсихология, стремятся перешагнуть этот пробел между информационными и биологическими процессами, используя парадигмы когнитивности для понимания того, каким именно образом человеческий мозг осуществляет функции переработки информации, а также каким образом системы, занимающиеся исключительно переработкой информации (к примеру, компьютеры) могут имитировать когнитивные процессы.

Теоретическую школу, изучающую мышление с позиции когнитивности, обычно называют «школой когнитивизма» (англ. *cognitivism*).

Успех когнитивного подхода может объясняться, прежде всего, его превалированием как фундаментального в современной психологии. В этом качестве он заменил бихевиоризм, господствовавший вплоть до 1950-х годов.

- Философия сознания
- Лингвистика (в особенности, психолингвистика и когнитивная лингвистика)
- Экономика (особенно экспериментальная экономика)
- Теория обучения

В свою очередь, когнитивная теория, будучи весьма эклектичной в самом общем смысле, заимствует знания из следующих областей:

- Информатика и теория информации, где попытки построить искусственный интеллект и так называемый «коллективный интеллект» фокусируются на имитации способностей живых существ к распознаванию (то есть к когнитивным процессам)
- Философия, эпистемология и онтология
- Биология и неврология
- Математика и теория вероятности
- Физика, где принцип наблюдателя изучается математически.

1.2. Знание

Знание — результат процесса познавательной деятельности (познания). Обычно под знанием подразумевают только тот результат познания, **который обладает непреходящей истинностью, может быть логически или фактически обоснован и допускает эмпирическую или практическую проверку.** То есть, говоря о знании, мы чаще всего имеем в виду **истинное знание. Истинное знание — это верное отражение действительности в мышлении человека или в общем, то есть идея, или описание, или сообщение о том, что есть на самом деле.**

На получение истинных знаний, знаний о глубинной структуре предметов и явлений, об их существенных взаимосвязях нацелена наука, для этой цели применяется научный метод.

Знание индивида (или группы индивидов) — это обладание проверенной (каким-либо способом) информацией, позволяющей решить какую-либо практическую задачу. Знание противоположно незнанию (**отсутствию проверенной информации о чём-либо**), но противопоставляется также и вере.

Сказанное выше относят к упрощенному, более узкому пониманию знания. В самом широком смысле слова, в философской интерпретации, **знание — это образ реальности субъекта в форме понятий и представлений.** Широкое понимание знания приближает, отождествляет его с понятием информации, что ведёт к столкновению со сложным вопросом о видах знания, главными из которых можно обозначить «истинное» и «ложное» (дезинформация). Здесь же появляется знание обыденное, знание как умение, знание как мнение, как оценка, как подражание и т. д.

Обычно **знание объективируется, фиксируется, выражается в языке или какой-либо другой знаковой системе, знаковой форме.** Однако в зависимости от того, что понимать под *знанием*, можно и утверждать, что знание может быть также зафиксировано в чувственных образах, получено путём непосредственного восприятия.

1.2.1. Многообразие форм знаний

Познание не ограничено сферой науки, знание в той или иной своей форме существует и за пределами науки. Каждой форме общественного сознания: *науке, философии, мифологии, политике, религии* и т. д. — соответствуют специфические формы знания. Различают также формы знания, имеющие понятийную, символическую или художественно-образцовую основу.

К исторически первым формам человеческого знания относят игровое познание (строится на основе условно принимаемых правил и целей, позволяет возвыситься над повседневным бытием, не заботиться о выгоде, вести себя в соответствии со свободно принятыми игровыми нормами). Возможен обман партнёра и сокрытие истины. Носит обучающе-развивающий характер, выявляет качества и возможности человека, позволяет раздвинуть психологические границы общения.

Выделяют различные **виды знания: научное, вненаучное, обыденно-практическое (обыденное, здравый смысл), интуитивное, религиозное** и др.

Обыденно-практическое — знание, существовавшее ещё на ранних этапах человеческой истории и доставлявшее элементарные сведения о природе и окружающей действительности (т. н. здравый смысл, приметы, назидания, рецепты, личный опыт, традиции и т. п.), носит несистемный, бездоказательный, бесписьменный характер. **Обыденное знание служит основой ориентации человека в окружающем мире, основой его повседневного поведения и предвидения, но обычно содержит ошибки, противоречия.**

Научное — знание, основанное на рациональности, характеризуется объективностью и универсальностью, и претендует на общезначимость. Научное познание — процесс получения объективного, истинного знания. Его задача — описать, объяснить и предсказать процесс и явление действительности. Научные революции, происходящие в ходе развития научного познания и приводящие к смене теорий и принципов, сменяются периодами нормального развития науки (**углубление и детализация знаний**).

Научному знанию присущи логическая обоснованность, доказательность, воспроизводимость результатов, проверяемость, стремление к устранению ошибок и преодолению противоречий.

Форма научного знания младше многих форм вненаучного знания.

Вненаучное знание не является чьей-то выдумкой, продуцируется определённым интеллектуальным сообществом по отличным от рационалистических нормам, эталонам, имеют свои источники и средства познания. В истории культуры формы знания, отнесённые к «ведомству» вненаучного знания, объединяются общим понятием — эзотеризм.

По природе

Знания могут быть

- декларативные
- процедурные

Декларативные знания содержат в себе лишь представление о структуре неких понятий. Эти знания приближены к данным, фактам. Например: высшее учебное заведение есть совокупность факультетов, а каждый факультет, в свою очередь, есть совокупность кафедр.

Процедурные же знания имеют трансформационную и управляющую природу. В них представлены средства и пути преобразования, проверки, управления информацией и знаниями, способы генерации и получения новых знаний. Это алгоритмы разного рода. Например: метод мозгового штурма для поиска новых идей.

По степени научности

Знания могут быть научными и вненаучными.

Научные знания могут быть

- эмпирическими (на основе опыта или наблюдения)

- теоретическими (на основе анализа абстрактных моделей).

Научные знания в любом случае должны быть обоснованными на эмпирической или теоретической доказательной основе.

Теоретические знания — абстракции, аналогии, схемы, отображающие структуру и природу процессов изменения объектов, протекающих в предметной области. Эти знания объясняют явления и могут использоваться для **прогнозирования поведения объектов.**

Вненаучные знания могут быть:

- **паранаучными** — знаниями, не совместимыми с имеющимся гносеологическим стандартом. Широкий класс паранаучного (пара от греч. — около, при) знания включает в себя учения или размышления о феноменах, объяснение которых не является убедительным с точки зрения критериев научности;
- **лженаучными** — сознательно эксплуатирующие домыслы и предрассудки. Лженаучное знание часто представляет науку как дело аутсайдеров. В качестве симптомов лженауки выделяют малограмотный пафос, принципиальную нетерпимость к опровергающим доводам, а также претенциозность. Лженаучное знание очень чувствительно к злобе дня, сенсации. Его особенностью является то, что оно не может быть объединено парадигмой, не может обладать систематичностью, универсальностью. Лженаучные знания сосуществуют с научными знаниями. Считается, что лженаучное знание обнаруживает себя и развивается через квазинаучное;
- **квазинаучными** — они ищут себе сторонников и приверженцев, опираясь на методы насилия и принуждения. Квазинаучное знание, как правило, расцветает в условиях строго иерархизированной науки, где невозможна критика власть предержащих, где жестко проявлен идеологический режим. В истории России периоды «триумфа квазинауки» хорошо известны: лысенковщина; фиксизм, как квазинаука в советской геологии 50-х гг.; шельмование кибернетики и т. д.;
- **антинаучными** — как утопичные и сознательно искажающие представления о действительности. Приставка «анти» обращает внимание на то, что предмет и способы

исследования противоположны науке. С ним связывают извечную потребность в обнаружении общего легко доступного «лекарства от всех болезней». Особый интерес и тяга к антинауке возникают в периоды социальной нестабильности. Но, хотя данный феномен достаточно опасен, принципиального избавления от антинауки произойти не может;

- **псевдонаучными** — представляют собой интеллектуальную активность, спекулирующую на совокупности популярных теорий, например, истории о древних астронавтах, о снежном человеке, о чудовище из озера Лох-Несс;
- **обыденно-практическими** — доставлявшими элементарные сведения о природе и окружающей действительности. Люди, как правило, располагают большим объёмом обыденного знания, которое производится повседневно и является исходным пластом всякого познания. Иногда аксиомы здравого смысла противоречат научным положениям, препятствуют развитию науки. Иногда, напротив, наука длинным и трудным путём доказательств и опровержений приходит к формулировке тех положений, которые давно утвердили себя в среде обыденного знания. Обыденное знание включает в себя и здравый смысл, и приметы, и назидания, и рецепты, и личный опыт, и традиции. Оно хотя и фиксирует истину, но делает это не систематично и бездоказательно. Его особенностью является то, что оно используется человеком практически неосознанно и в своем применении не требует предварительных систем доказательств. Другая его особенность — принципиально бесписьменный характер;
- **личностными** — зависящими от способностей того или иного субъекта и от особенностей его интеллектуальной познавательной деятельности. Коллективное же знание общезначимо (надличностно), предполагает наличие общей для всей системы понятий, способов, приёмов и правил построения.

Народная наука — особая форма вненаучного и внерационального знания. Прежде была привилегией шаманов, жрецов, старейшин рода, ныне стала делом отдельных групп или субъектов (знахарей, целителей, экстрасенсов).

По местонахождению

Выделяют: **личностные (неявные, скрытые, пока не формализованные) знания и формализованные (явные) знания.**

Неявные знания:

- знания людей, которые ещё не формализованы и не могут быть переданы другим людям.

Формализованные на некотором языке (явные) знания:

- знания в документах;
- знания на электронных носителях;
- знания в персональных компьютерах;
- знания в Интернете;
- знания в базах знаний;
- знания в экспертных системах, извлечённые из неявных знаний людей-экспертов.

1.2.2. Отличительные характеристики знания

Отличительные характеристики знания все ещё являются предметом неопределённости в философии. Согласно большинству мыслителей, для того чтобы нечто считалось знанием, это нечто должно удовлетворять **трем критериям:**

- быть **подтверждаемым**,
- быть **истинным**
- и заслуживающим **доверия**.

Однако, как иллюстрируют примеры проблемы Гетье, этого недостаточно. Предложен ряд альтернатив, включая доводы Роберта Нозика в пользу требования «прослеживания истины» и дополнительное требование Саймона Блэкберна, что мы не будем утверждать, что каждый, кто удовлетворяет любому из этих критериев «через неисправность, изъяз, ошибку», обладает знанием. Ричард Киркхэм делает предположение, что наше определение знания должно

требовать, чтобы свидетельства верящего были таковы, чтобы они логически влекли за собой истину убеждения.

1.2.3. Управление знаниями

Управление знаниями пытается понять способ, которым знание генерируется (производится), экстернализируется, собирается, накапливается, хранится, предоставляется, используется и распространяется в организациях и рассматривает знание как соотносящееся с самим собой и возможное к повторному использованию. Повторное использование означает, что определение знания находится в состоянии постоянного изменения. Управление знаниями трактует знание как форму информации, которая наполнена контекстом, основанным на опыте. Информация — это данные, которые существенны для наблюдателя из-за их значимости для наблюдателя. Данные могут быть предметом наблюдения, но не обязательно должны быть им. В этом смысле знание состоит из информации, подкрепленной намерением или направлением. Этот подход находится в согласии с DIKW-моделью, которая располагает данные, информацию, знание, мудрость в виде пирамиды по увеличивающейся степени полезности.

Карл Вииг, известный американский специалист по искусственному интеллекту, своей трилогией положил начало научным публикациям по управлению знаниями [Wiig, 1993; 1994; 1995]. За этим последовали десятки и сотни работ - книг, статей, отчетов, представлявших результаты научных исследований по данной проблеме и многообразные практические рекомендации. Среди наиболее заметных и интересных работ обращают на себя особое внимание исследования, проведенные Л.Прусаком и Т.Давенпортом [Prusak, 1995; Davenport, Prusak, 2000], И.Нонакой и Х.Такеуши [Nonaka, Takeuchi, 1995], Д.Стаплетоном [Stapleton, 2003], Ч.Деспресом и Д.Чавелом [Despres, Chauvel, 2000], У.Буковичем и Р.Уилльямс [Bukowitz, Williams, 1999], Т.Стюартом [Stewart, 1997]. В разных странах созданы и развернули активную деятельность общества, ассоциации, институты по проблемам **нематериальных ресурсов и управления знаниями**, издаются журналы, проводятся обширные обследования, обобщается уже накапливаемый опыт. С каждым днем появляется все больше информации о разрабатываемых и реализуемых программах формирования и практического использования систем управления знаниями в корпоративном управлении.

Имеются основания полагать, что уже сложились вполне определенные представления об общих и прикладных аспектах проблемы управления знаниями в современных организациях и в ближайшей перспективе.

Знания как ресурс и объект управления

Можно говорить о двух наиболее распространенных определениях знаний. Одно из них довольно специфично и практически, другое - общего характера. В первом случае утверждается, что **знания представляют собой практическую информацию, которая активно управляет процессами выполнения задач, решения проблем и принятия решений. При этом управлять знаниями - значит систематически, точно и продуманно формировать, обновлять и применять их с целью максимизации эффективности предприятия и прибыли от активов, основанных на знаниях.** Наряду с этим можно утверждать, что **знания представляют собой любое слово, факт, пример, событие, правило, гипотезу или модель, которые усиливают понимание или исполнение в определенной области деятельности или дисциплины.** Применительно к этому управление знаниями означает формализацию и доступ к практическому опыту, знаниям и экспертным данным, которые создают новые возможности, способствующие совершенствованию деятельности, стимулирующие инновации и увеличивающие потребительскую стоимость. Знания представляют собой то, что многие организации все в большей степени производят, продают и приобретают. Предприятиям приходится решать такие сложные задачи, которые заставляют их развивать передовые знания и максимально эффективно использовать их.

Несмотря на то что точный денежный эквивалент стоимости знаний в организации не может быть рассчитан, существуют некоторые критерии измерения их экономического значения. Разница между рыночной стоимостью компании и стоимостью ее материальных активов является одним из показателей стоимости нематериальных активов, большинство из которых представляют собой одну из форм организационных знаний. Имеются данные о том, что только от 6 до 30% стоимости компании приходится на активы, упоминаемые в традиционных балансовых отчетах; остальное - нематериальные активы. Вследствие этого 50% инвестиций производственных компаний приходится на нематериальные сферы, такие как научные исследования и разработки, обучение, профессиональный опыт и др. [Fuler, 2002].

Управление знаниями имеет две основные задачи. Одна - это эффективность, использование знаний для роста производительности путем увеличения быстродействия или снижения затрат. Другая - инновации, создание новых продуктов и услуг, новых предприятий и новых бизнес-процессов

"Незримое" достояние - это интеллектуальные активы, способные приносить и приносящие компаниям реальные дивиденды. Речь идет о патентах и авторских правах, знаниях и профессиональных качествах сотрудников, торговых марках, клиентской базе, сети лояльных поставщиков и партнеров, культуре реализации нововведений, корпоративной памяти и базах данных, качестве рабочих процессов и т.п.

Важно стремиться к формированию такого подхода к управлению знаниями, который соотносит, уравнивает и интегрирует организационные, человеческие и технологические компоненты знаний.

Взаимосвязь знаний, обучения и ключевой компетенции организации представлена на рис. 1, где сделана попытка показать, как на знаниях базируются все хозяйственные и управленческие отношения, выявляются предпочтения хозяйствующих субъектов, происходит обмен и поставляется информация на рынки.

Существенное расширение доступа к знаниям, ставшее возможным благодаря современным **информационным технологиям**, меняет саму природу отношений между специалистом и непрофессионалом, между организацией и работником, между источником и получателем благ.

Знания исключают статичность и однонаправленность, поскольку создают основу для непрерывного поступательного движения по динамично меняющейся сети с участием как создателей, так и пользователей информации.

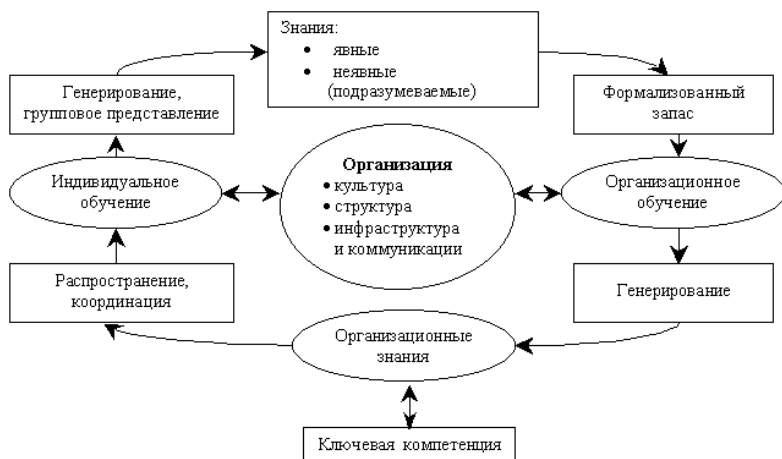


Рис. 1. Знание, обучение и базовая компетенция организации.

В свете расширения и использования знаний распространение получает концепция и практика непрерывного образования как комплекс мер, дающий возможность человеку учиться на протяжении всей жизни по принципу "ценно любое образование, в любом месте, в любое время и любого содержания". Выдвигается требование по распределению образовательных ресурсов индивида в течение всей его жизни, а не их концентрация в строго определенный период. Это **предполагает формирование системы непрерывного образования с учетом самообучения при консультационно-методической поддержке (организация сети открытых университетов, дистанционного обучения и др.)**.

Функция управления знаниями

Для того чтобы постоянно сокращать дефицит знаний, организации должны решать такие важнейшие задачи, как:

□ **приобретение знаний** - использование уже имеющихся в мире знаний и их приспособление для нужд организации (например, при помощи режима открытой торговли, привлечения иностранных инвестиций и заключения лицензионных соглашений), а также получение новых знаний путем ведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

□ **усвоение знаний** (например, обеспечение всеобщего начального образования, создание возможностей для обучения на протяжении жизни и развитие системы высшего образования);

□ **передача знаний** - использование новых информационных и телекоммуникационных технологий, соответствующее нормативно-правовое регулирование и обеспечение доступа к информационным ресурсам.

В условиях революционных изменений в производственных и информационных технологиях формируется **новая функция управления, в задачу которой входит аккумуляция интеллектуального капитала, выявление и распространение имеющейся информации и опыта, создание предпосылок для распространения и передачи знаний.**

Использование интеллектуального капитала и связанная с этим профессиональная компетенция кадров обеспечивают выживание и экономический успех компаний. Именно знания становятся источником высокой производительности, инноваций и конкурентных преимуществ.

В конкретном приложении управление знаниями как функция и как вид управленческой деятельности охватывает:

□ практику придания дополнительной ценности имеющейся информации путем выявления, отбора, синтеза, обобщения, хранения и распространения знаний;

□ придание знаниям потребительского характера таким образом, чтобы они представляли собой необходимую и доступную для пользователя информацию;

□ создание интерактивного обучающего окружения, где люди постоянно обмениваются информацией и используют все условия для усвоения новых знаний.

Функция управления знаниями охватывает использование различных методов в зависимости от особенностей того или иного этапа организации приобретения и освоения новых знаний. В литературе рассматриваются различные подходы к подразделению данного процесса на этапы с разной степенью детализации [Davenport, Prusak, 2000]. В табл. 1 приводится вариант, учитывающий как имеющиеся предложения, так и реальные цели и потребности выявления и использования необходимых знаний.

Таблица 1. Этапы управления знаниями

1. Определить	какие знания имеют решающее значение для успеха
2. Собрать	приобретение существующих знаний, опыта, методов и квалификации
3. Выбрать	поток собранных, упорядоченных знаний, оценка их полезности
4. Хранить	отобранные знания классифицируются и вносятся в организационную память (в человеческую, на бумаге, в электронном виде).
5. Распределить	знания извлекаются из корпоративной памяти, становятся доступными для использования
6. Применить	при осуществлении заданий, решении проблем, принятии решений, поиске идей и обучении
7. Создать	выявляются новые знания путем наблюдения за клиентами, обратной связи, причинного анализа, эталонного тестирования, опыта, исследований, экспериментирования, креативного мышления, разработки данных
8. Продать	на основе интеллектуального капитала - новые продукты и услуги, которые могут быть реализованы вне предприятия.

Источник: таблица составлена на основе этапов, приведенных в [Liebowitz, Beckman, 1998].

На этапе "Определить" необходимо установить, какие основные знания имеют решающее значение для успеха и в связи с этим - каков уровень компетенции работников в каждой области знаний. Создаются обучающие программы и системы обеспечения.

Переходя к этапу "Собрать", необходимо приобретать существующие знания, опыт, методы и квалификацию, необходимые для создания доменов выбранных базовых знаний. На этапе "Выбрать" рассматривается постоянный поток собранных, упорядоченных знаний и оценивается их полезность. Должна быть определена единая структура как основа организации и классификации знаний, предназначенных для хранения в базе. Этап "Хранить" выделяется для того, чтобы отобранные знания классифицировались и вносились в корпоративную память. Сюда относятся знания о продукции, производственных процессах, клиентах, потребностях рынка, финансовых результатах, приобретенном опыте, стратегических

планах и целях и др. Профессиональный интеллект организации должен быть также частью этой памяти.

В этой связи к профессиональным знаниям следовало бы отнести:

- познавательные знания ("знаю, что"): мастерское владение базовой дисциплиной, достигаемое профессионалами путем интенсивного обучения и сертификации;
- прикладное мастерство ("знаю, как"): переводит "книжное обучение" в эффективное исполнение. Способность применять правила, относящиеся к определенной дисциплине, для решения сложных реальных проблем. Это наиболее распространенный уровень профессионализма, создающий ценности;
- системное понимание ("знаю, почему"): глубокое знание всей системы взаимоотношений, причин и следствий, лежащих в основе определенной дисциплины;
- личная мотивация творчества ("хочу знать, почему") охватывает волю, мотивацию и настроенность на успех.

Организации, воспитывающие в своих сотрудниках стремление к знанию ("хочу знать, почему"), преуспевают перед лицом быстро текущих изменений и обновляют свои познавательные знания, прикладное мастерство и понимание систем, с тем чтобы конкурировать на рынках продуктов и услуг.

Развивая корпоративную память внутри организации, можно облегчить обмен знаниями, так как новшества, реализуемые в одном подразделении организации, становятся доступными другим отделам, если они сохраняются в памяти организации. Такая корпоративная память существует в трех разных формах: в человеческой памяти, на бумаге и в электронном виде.

На этапе "Распределить" знания извлекаются из корпоративной памяти и становятся доступными для использования. В пределах же этапа "Применить" находятся и применяются необходимые знания при осуществлении заданий, решении проблем, принятии решений, поиске идей и обучении. Интегрированные системы "обеспечения деятельности" применяются во многих ведущих компаниях для существенного увеличения работоспособности и возможностей работающих со знанием. На этапе "Создать" выявляются новые знания с помощью многих средств, таких как наблюдение за клиентами, обратная связь от потребителя и ее анализ, причинный анализ, эталонное тестирование, лучшие практические примеры, опыт, полученный при модернизации бизнес-процессов и проектов по рационализации технологического процесса, исследования,

экспериментирование, креативное мышление, автоматизированное получение знаний и разработка данных. Последний этап - это "Продать". В его рамках на основе интеллектуального капитала создаются новые продукты и услуги, которые могут быть реализованы вне предприятия. Прежде чем этот этап становится возможным, другие этапы должны достичь определенной фазы зрелости.

Согласно Бекмэну [Beckman, 1998], ниже следует краткий перечень наиболее существенных свойств, на которые следует ориентироваться при выполнении работ каждого этапа: высокая эффективность, нацеленность на потребителя, усовершенствования и высшее качество, высокая гибкость и адаптация, высокий уровень профессионального опыта и знаний, высокая скорость обучения и инноваций, наличие инновационной системы на основе информационных технологий, самоуправляемость.

Осуществляя функцию управления знаниями, важно создавать условия для получения необходимых новых знаний. Среди используемых способов можно указать на три основных [Prusak, Cohen, 1997].

Покупка знаний.

В литературе называются следующие методы покупки знаний и опыта: найм на работу новых сотрудников, обладающих знаниями и опытом; образование партнерства с другой организацией; переход какой-либо функции из другой организации для постоянного функционирования в данной структуре.

Аренда знания.

Среди способов аренды знаний и мастерства можно назвать такие, как найм на работу консультантов; получение помощи от клиентов, поставщиков, потребителей, со стороны научных учреждений и профессиональных ассоциаций; привлечение других организаций на субконтрактных основах. Знания о потребителях повышают результативность отношений с ними, а знания, полученные совместно с потребителем, открывают дорогу для большего числа нововведений, продуктов и услуг более высокого качества.

Развитие знаний.

Можно указать на такие способы развития знаний и мастерства, как: отправка работников на учебу на стороне; разработка и предоставление

обучающих программ внутри организации; приглашение инструкторов со стороны для обучения внутри организации; распространение уже имеющихся знаний внутри организации.

Функция управления знаниями связана и с процессами кодификации..

Цель кодификации, т. е. приведения знания в документальную или формализованную систему, - сделать так, чтобы локальные знания и зачастую замалчивающиеся знания стали понятными и доступными для широкого распространения. Важно учитывать, что знание - это сложная, гибкая и богатая по содержанию структура.

Базы данных предприятия могут содержать структурированную информацию, характеризующую: 1) уникальные знания специалистов - "знания человеческого интеллекта"; 2) уникальную структурированную информацию, полученную с помощью экспертных систем - "знания искусственного интеллекта".

Под экспертной системой понимается программа, которая оперирует по заранее известному алгоритму информацией, представляющей знания эксперта в определенной предметной области, выраженная в форме, удобной для использования на компьютере, с целью выработки рекомендаций по решению задач или проблем, поставленных перед пользователем.

Новые формы организации

Приобретение знаний, их хранение, распределение и преобразование в форму, удобную для внутрифирменного использования, предполагает формирование и осуществление на практике определенных организационных условий. В практической деятельности это уже нашло выражение в том, что вводятся штатные единицы директора по управлению знаниями, вице-президента по управлению интеллектуальным капиталом, менеджера по интеллектуальным активам, директора по обучению, формируются межфункциональные проектные группы в сфере управления знаниями. Существуют также брокеры знаний (сотрудники, которые могут находиться тут и там, интересоваться тем, что и как происходит). Они переносят идеи и воодушевляют тех, кто не может общаться с другими напрямую. Крупное обследование, проведенное Conference Board и Pricewater House-Coopers и охватившее 158 корпораций, позволило определить, что 80% компаний ввели систему "управления знаниями", 25% компаний имеют должность главного менеджера по управлению знаниями, 53% компаний имеют специальный аппарат и структуру, 46% компаний имеют специальный бюджет, 6% применяют общекорпоративные программы, 60% собираются это делать в течение

ближайших 5 лет. По данным Meta Group, более 75% из 2000 крупнейших компаний мира уже применяют методы и технологии управления знаниями.

Непосредственный практический интерес представляет характер влияния новой функции на общекорпоративные организационные структуры. В последнее время в мировой практике отмечается распространение новой корпоративной модели, предусматривающей существенное расширение кооперирования среди конкурентов, поставщиков и потребителей. Эта модель меняет традиционные представления о границах фирмы. Профессиональные знания и умение каждого партнера позволяют создавать "лучшую во всем" организацию, в которой любая функция и процесс реализуются на мировом уровне. В результате обеспечивается и более высокая эффективность производства, создается обстановка взаимного доверия и взаимной ответственности. Партнерство здесь менее формально. Информационные сети устанавливают эффективные и быстродействующие связи между компаниями. Это - прямой путь к появлению в будущем структур, образующих так называемые горизонтальные корпорации.

Корпоративные системы, где функция управления знаниями объединяет не только сотрудников фирмы, но и партнеров, поставщиков, заказчиков и даже конкурентов, помогают реально налаживать партнерские отношения между компаниями.

В перспективе можно предвидеть существенное расширение тенденций и другого рода - разделение крупной организации на малые самоуправляемые структуры. Так, крупный завод подразделяется на малые "целевые фабрики", которые производят небольшие партии разнообразных товаров или комплектующие для более сложной продукции. Точно так же большие организации, где работают служащие, подразделяются на малые офисы, которые предоставляют какие-то определенные услуги. Этот переход от крупномасштабных систем к малым автономным подразделениям минимизирует численность бюрократического аппарата, предполагает тесное взаимодействие между подразделениями и делает изменения более гибкими.

Интеграция операций в единое целое осуществляется с помощью информационных систем. Компьютерно-интегрированное производство использует системы мощных персональных компьютеров для информационного обеспечения всех фаз деятельности - от проектных разработок до производства, управления запасами, распределения. В офисах локальные структуры или

соединенные между собой коммуникационные системы позволяют людям "работать на расстоянии" при любом их местонахождении. Организация становится совокупностью отдельных гибких производственных систем, взаимодействующих и управляемых с помощью компьютеров.

Информационно-аналитическая служба является обязательным атрибутом системы анализа и управления предприятием на основе технологий знаний, без которой такое управление не существует. В кадровый состав информационно-аналитического центра входят [Вебер, Данилов, Шифрин, 2003]:

- **предметные аналитики по направлениям**, которые по заданию руководителя подготавливают структурированную информацию для поддержки оперативного и стратегического принятия решений в относительно узкой предметной области, например, в сфере управления персоналом предприятия;
- **системный аналитик** (могут быть помощники), который по заданию руководителя подготавливает структурированную информацию для поддержки оперативного и стратегического принятия решений, которые требуют системного анализа ситуации во многих сферах деятельности предприятия, например, стратегии перехода на выпуск качественно нового изделия;
- **технические специалисты**, которые обеспечивают работоспособность телекоммуникационного и компьютерного оборудования, поддерживают базы данных, информационную безопасность и т. д.

Каждое подразделение управляется самостоятельной рабочей группой, которой предоставлен почти полный контроль - от проектирования продукции до ее производства, сбыта и оказания сервисных услуг. Компьютеризация обеспечивает необходимую гибкость компании, изготавливающей продукцию по заказу клиента для удовлетворения его индивидуальных требований.

Указанные выше изменения открывают для организаций новые возможности географического расширения рынков и увеличения производственных линий. Гибкость и способность адаптироваться к изменениям становятся более важными факторами, чем постоянное стремление добиваться результатов любой ценой.

С позиций производства и использования знаний принципиально важно постоянно уделять внимание формированию новаторских коллективов (команд). Цели и ресурсы для команд различаются по организациям.

Ни одна модель не является идеальной формой организационной конструкции, и построение большей части организаций со временем может меняться. Усиливает свою популярность матричная организация в случаях, когда необходима координация использования знаний в сложной и нестабильной среде. Можно указать на **сетевую организацию, для которой характерно гибкое, иногда временное взаимодействие между производителями, поставщиками и даже потребителями. Это динамичная структура, в которой основные компоненты могут быть смонтированы или размонтированы согласно изменившимся конкурентным условиям.**

Существует несколько разных терминов для описания возникающей совсем уж новой организационной модели. Некоторые считают ее **большой паутиной с главной паутиной в центре, работающей как централизованная организация.** Этот центр связан с разными участниками, каждый из которых выполняет специализированную функцию и все взаимосвязаны друг с другом, что очень напоминает паука со своей паутиной. К числу наиболее значимых примеров комбинации многочисленных и разнообразных знаний, достижений в технике и технологиях относится так называемая **виртуальная корпорация.** Она используется для формирования временной сетевой структуры независимых организаций, связанных информационной технологией и объединяемых в разных сочетаниях для эффективного использования в стремительно меняющихся условиях. Деятельность по применению уже накопленных знаний и поступлению новой информации создает предпосылки формирования обучающейся организации. В условиях все возрастающей международной конкуренции, увеличения затрат на научные исследования, необходимости поддерживать научные и технические кадры и желания разделить риск, связанный с созданием и коммерциализацией технологии, компании объединяются в консорциумы, инновационные стратегические альянсы.

Управление знаниями создает условия, при которых образование превращается в разновидность инвестиций, профессиональный опыт становится своего рода активами, а лояльность фирме - тем, чего должна добиться организация в отношениях с работником.

1.2.4. Непосредственное знание

Непосредственное знание — это продукт интуиции — способности постижения истины путём прямого её усмотрения без обоснования с помощью доказательства.

Процесс научного познания, а также различные формы художественного освоения мира не всегда осуществляются в развёрнутом, логически и фактически доказательном виде. Нередко субъект схватывает мысль сложную ситуацию, например, во время военного сражения, определения диагноза, виновности или невиновности обвиняемого и т. п. Роль интуиции особенно велика там, где необходим выход за пределы существующих приёмов познания для проникновения в неведомое. Но интуиция не есть нечто неразумное или сверхразумное. В процессе интуитивного познания не осознаются все те признаки, по которым осуществляется вывод, и те приёмы, с помощью которых он делается. Интуиция не составляет особого пути познания, идущего в обход ощущений, представлений и мышления. Она представляет собой своеобразный тип мышления, когда отдельные звенья процесса мышления проносятся в сознании более или менее бессознательно, а предельно ясно осознаётся именно итог мысли — истина.

Интуиции бывает достаточно для усмотрения истины, но её недостаточно, чтобы убедить в этой истине других и самого себя. Для этого необходимо доказательство.

В информационных технологиях

В теории искусственного интеллекта и экспертных систем, **знание** — это совокупность утверждений о мире, свойствах объектов, закономерностях процессов и явлений, а также правил логического вывода одних утверждений из других и правил использования их для принятия решений. **Главное отличие знаний от данных состоит в их структурности и активности: появление в базе знаний новых фактов или установление новых связей между ними может стать источником изменений в принятии решений.**

Сложные системы искусственного интеллекта, основанные на нейросетевой технологии, а также экспертные системы, основанные на логической модели баз знаний, демонстрируют поведение, которое имитирует человеческое мышление и интуицию. Обучение таких систем — эвристический процесс, состоящий в нахождении решения

задачи на основе ориентиров поиска, недостаточных для получения логического вывода. Для интуиции характерна быстрота (иногда моментальность) формулирования гипотез и принятия решений, а также недостаточная осознанность его логических оснований.^[8]

Логический вывод информации, конкретных и обобщенных сведений и данных производится в базах знаний и экспертных системах, использующих языки средства логического программирования на базе языка Пролог. Эти системы явно демонстрируют логический вывод новой информации, осмысленных сведений, данных, используя правила логического вывода и факты, закладываемые в базы знаний.

1.2.5. Научное знание

Научному знанию присущи логическая обоснованность, доказательность, воспроизводимость познавательных результатов. Научное знание отличается систематичностью, и опирается на целенаправленные познавательные процедуры.^[9]

Эмпирические (опытные) знания

Эмпирические знания получают в результате применения эмпирических методов познания — наблюдения, измерения, эксперимента. Это знания о видимых взаимосвязях между отдельными событиями и фактами в предметной области. Оно, как правило, констатирует качественные и количественные характеристики объектов и явлений. Эмпирические законы часто носят вероятностный характер и не обязательно являются строгими.

Теоретические знания

Теоретические представления возникают на основе обобщения эмпирических данных. В то же время они влияют на обогащение и изменение эмпирических знаний.

Теоретический уровень научного знания предполагает установление законов, дающих возможность идеализированного восприятия, описания и объяснения эмпирических ситуаций, то есть познания сущности явлений. Теоретические законы имеют более строгий, формальный характер, по сравнению с эмпирическими.

Термины описания теоретического знания относятся к идеализированным, абстрактным объектам. Подобные объекты невозможно подвергнуть непосредственной экспериментальной проверке.

1.2.6. Неявные и явные знания

Неявное знание (англ. tacit knowledge) — вид знания, к которому относится то знание, которое не может быть легко передано другим. (например: умение ездить на велосипеде)

Формализованные (явные) знания

Формализованные знания объективируются знаковыми средствами языка. охватывают те знания, о которых мы знаем, мы можем их записать, сообщить другим (пример: кулинарный рецепт)

1.2.7. Знание во времени

Основным местом хранения знаний была и остаётся человеческая память. Необходимость в передаче знаний другим людям и поколениям привела к развитию способов документирования — появились документированные знания. Большие объёмы накопленного знания потребовали разработки технических средств (компьютеров...), без которых уже невозможен дальнейший прогресс человечества. Машинные знания в будущем сплетутся, и образуется семантическая паутина (семантическая онтологическая сеть), способная предоставлять информацию так же, как если бы представлял её человек.

2. Свойства и функции знаний

2.1. Знания, определения и их свойства

В начале XXI века общество движется к новому типу организации — интеллектуальному обществу, основой развития которого является усвоение и использование знаний. Под знанием традиционно

понимают совокупность сведений, отражающих закономерности и свойства реального мира и проверенных практикой.

Оно имеет три важных свойства:

- достоверность,
- гарантированное продвижение вперед в познании,
- познание закономерностей мира.

Знания обязательно имеют структуру, между элементами знаний существуют объективные отношения, формирующие предметную область. Знания формируются с помощью понятий (терминов). Эти понятия имеют разный уровень универсальности U и конструктивности K . В выражении знаний существует свое соотношение неопределенности

$$U * K = \text{const}$$

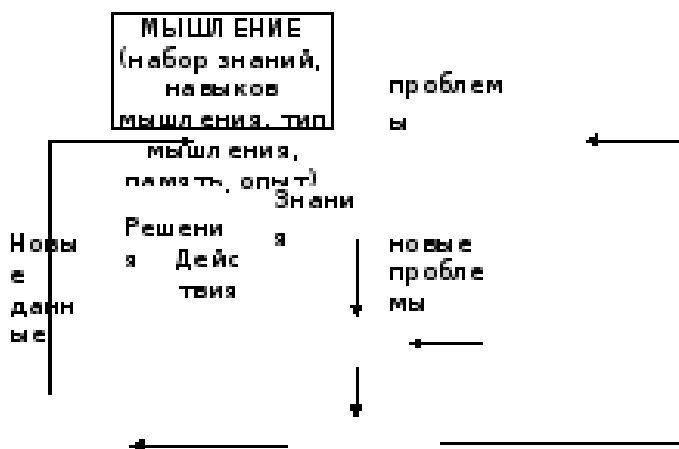


Рисунок 1 - Применение знаний в решении проблем

Сегодняшняя структура применения знаний может быть представлена рисунком 2 – повышение сложности проблем ведет к росту потребности в значениях, инновациях и их приложениях, что увеличивает угол развития.

Теоретический уровень-Т

Конкретное применение знаний-К

Т

К

1970 2000 t

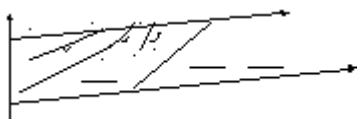


Рисунок 2 - Рост угла развития

Обычно выделяют следующие типы знаний:

1. физические — знания об окружающей среде и внутренних свойствах объектов;
2. предметные — знания о данной предметной области;
3. синтаксические — знания о правилах построения рассматриваемых структур;
4. семантические — знания о конкретном смысле и значении элементов в структуре;
5. декларативные — знания о фактах и данных;
6. процедурные — знания об алгоритмах, методах, эвристиках;
7. метазнания — обобщенные знания;
8. «ИНЬ и ЯН» — знания о преобразованиях и переменных на основе принципов противоположности;
9. нечеткие (синергетические) — знания об интеллектуальном опыте ЕС иИС.

Основные характеристики знаний — это интерпретируемость, концептуальность, структурированность, именованность, иерархичность, активность, рефлексивность, связность и степень согласованности.

Ценность знания

Ценность знаний определяется важностью решений, принимаемых на базе этих знаний. Важность решений, в свою очередь, зависит от иерархии целей, для достижения которых принимаются решения. Иерархия целей компании зависит от задач, стоящих перед компанией в определенный момент времени. Таким образом, ценность знаний в различные периоды времени различна в зависимости от того, какие задачи выдвигаются на передний план в определенный отрезок времени.

В целом ценность знаний можно разделить на два вида: непосредственную и потенциальную. После использования знаний для принятия конкретного решения их непосредственная ценность исчезает, поскольку исчезает необходимость в принятии решения, но остается потенциальная ценность знаний, которая определяется возможностью их использования для генерации новых знаний и принятия новых решений в будущем.

Многозначность в определении понятия "знание" обусловлена тем множеством функций, которое реализуется знанием. Знание не только формирует новый взгляд на мир, но и меняет отношение к нему. Отсюда вытекает и воспитательное значение всякого знания.

Знания и правильно избранный путь их усвоения - предпосылка умственного развития учащихся. Являясь составной частью мировоззрения человека, знания в большой мере определяют его отношение к действительности, моральные взгляды и убеждения, волевые черты личности и служат одним из источников склонностей и интересов человека, необходимым условием развития его способностей .

2.2. Свойства знаний

Основные свойства знаний:

1. знания могут быть представлены в форме данных (в частности, в виде текста на некотором формальном языке, в виде сети, задающей связи разного рода между элементами знаний). Из этого свойства следует, что знание есть некоторая более высокая степень организации данных, которая допускает специальную интерпретацию ;

2. знания обладают способностью управлять информационными процессами, т.е. в системе, в которой применяются знания, протекание процессов определяется знаниями и почти не зависит от устройства системы;

3. знания могут содержать процедурную часть - программы, применение которых управляется знаниями (например, связывание параметров и запуск программ могут происходить автоматически внутри системы, использующей знания, без ведома того, кто запустил процесс, использующий знания);

4. знания делятся на отдельные фрагменты - описания объектов, процессов, ситуаций, явлений. Такие фрагменты (модули знаний) называются фреймами. Фреймы могут быть связаны друг с другом родо-видовыми отношениями, могут быть и узлами семантических сетей;

5. при работе со знаниями важна прагматическая сторона - знания всегда используются для чего-то.

Различают три вида знаний:

-предметное, или фактографическое знание, складывающееся из наборов количественных и качественных характеристик различных конкретных объектов;

-алгоритмическое знание - знание методов, способов, процедур некоторых действий, приводящих к конкретному результату;

-понятийное, или концептуальное знание, складывающееся из совокупности основных терминов, применяемых в той или иной сфере деятельности (предметной области), понятий, кроющихся за этими терминами, их свойств, взаимосвязей и зависимостей.

2.3. Модели представления знаний

Знания представляют собой категории более высокого уровня по сравнению с информацией или данными. На рисунке 3 представлен процесс изменения данных и превращения их в знания.



Рисунок 3 - Динамика преобразования данных в знания

2.4. Методы фильтрации знаний

Возрастание сложности задач управления экономическими системами приводит к необходимости увеличения организационного знания, т.е.

системы распределенных знаний организации путем выявления, запоминания и использования новых знаний. Проблему организованной сложности можно преодолеть за счет повышения уровня использования знаний. Однако сейчас существуют некоторые трудности. Увеличение сложности решаемых задач приводит к тому, что знания становятся сложнее для понимания, и поэтому затрудняется их использование.

Необходимым условием возможности решения какой-либо задачи в рамках процедурного подхода является наличие четкого алгоритма. Поэтому автоматизация коснулась, прежде всего, так называемых формализованных задач, алгоритм решения которых хорошо известен (например, задача управления запасами).

Однако существует класс задач, называемых неформализованными, характеризующихся одной или несколькими из следующих особенностей:

1. алгоритм решения задачи неизвестен или не может быть использован из-за ограниченности ресурсов компьютера;
2. задача не может быть представлена в числовой форме;
3. цели задачи не могут быть выражены в терминах точно определенной целевой функции.

По объему этот класс задач телеологического характера значительно превосходит класс формализованных задач. Это задачи, требующие «мягких» вычислений, в противоположность четко определенным задачам с «жесткими» вычислениями. Попытки решения неформализованных задач, а также попытки устранить перечисленные выше недостатки процедурного подхода привели к формированию в области искусственного интеллекта (ИИ) - инженерии знаний. Суть подхода, применяемого в инженерии знаний, состоит в выделении знаний из программного обеспечения вычислительной системы и превращении их в одну из компонент ее информационного обеспечения, называемую базой знаний. Знания, хранящиеся в базе знаний, представляются в конкретной единообразной форме, что дает возможность их легкого определения, модификации и пополнения. Решение же задач реализуется с помощью логических выводов, делаемых на основании знаний, хранящихся в базе знаний. Для этого

предусмотрен автономный механизм логического вывода, который, собственно, и составляет основную часть программного обеспечения системы. Системы, построенные по такому принципу, называются системами, основанными на знаниях.

Процесс решения задач с помощью простейшей модели показан на рисунке 4. В данном случае знания - это информация, на которую ссылаются, когда делают различные заключения на основании имеющихся данных с помощью логических выводов.



Рисунок 4 - Связь между знаниями и выводом при решении интеллектуальной проблемы

В операциях со знаниями используются приемы фильтрации, усвоения и использования знаний. Фильтр - это устройство, отбирающее по определенным правилам необходимые сведения. Процедуру фильтрации можно представить простой схемой (рисунок 5).

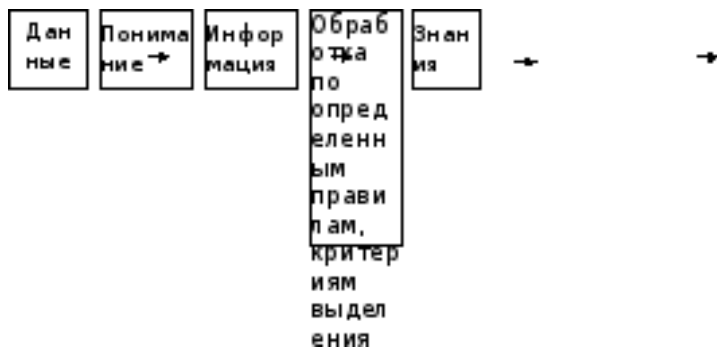


Рис. Схема фильтрации знаний из потока данных

Фильтр выполняет обработку и выделяет знания по набору критериев.

Усвоение знаний является процессом запоминания необходимых знаний, чтобы в дальнейшем их использовать для решения практических задач (рисунок 6).

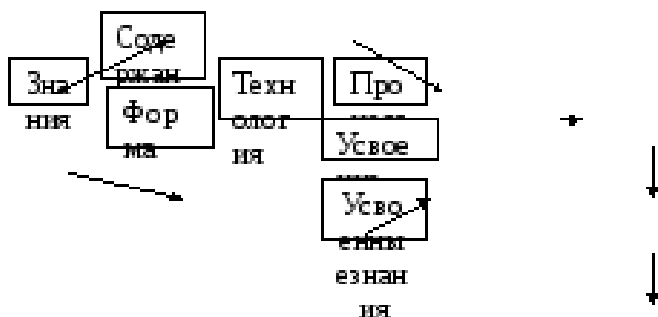


Рис. 6. Усвоение знаний

Использование знаний является процессом поиска необходимых для решения конкретной проблемы знаний, отбора конструктивных правил и решения проблемы.

Процесс использования знаний начинается с возникновения проблемы. Для её решения можно либо найти готовые знания, либо провести исследование для получения недостающих знаний. Знания могут быть декларативными и процедурными. Декларативные знания определяют, как устроен мир, процедурные показывают, как можно изменить мир, это правила преобразования реального мира (рисунок 7).

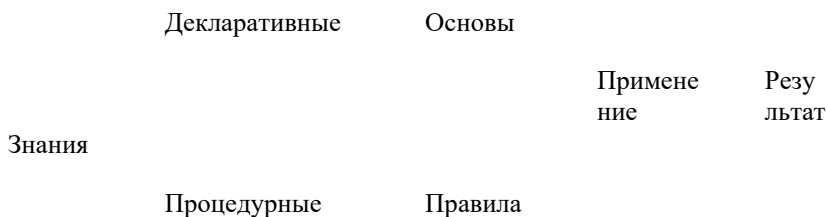


Рис.7. Использование знаний

Потребность в новых знаниях возникает, когда между потребностями практики и существующим уровнем знаний возникает противоречие (рисунок 8).

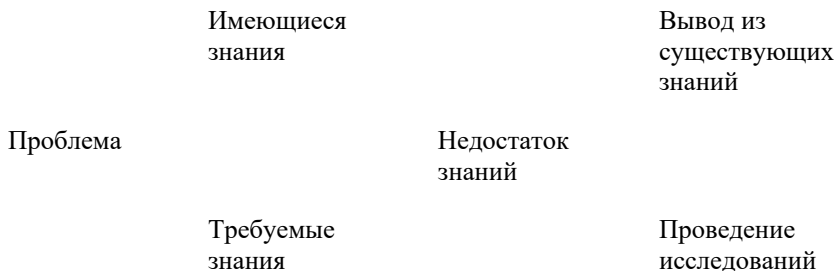


Рис. 8. Схема пополнения знаний

Таким образом, знания можно получить разными способами:

- традиционные известные закономерности
- методы получения знаний (обучение)
- методы извлечения знаний из фактов (научные методы)
- методы вывода знаний (искусственный интеллект)
- выделение знаний и создание базы знаний (инженерия знаний)

и они могут быть:

-научными

-организационными

-формализованными (заданные правила обработки данных)

-экспертными

-выводимыми (искусственный интеллект).

Качество и актуальность знаний зависит от многих факторов. Например, от того, кто поставляет знания в систему. Поскольку качество знаний изменяется от источника к источнику, системы часто

пересортировывают знания, чтобы они были полными и достоверными.

2.5. Функции знаний

Функции знаний

- ✓ *Репрезентативная функция* — представление, указание предмета познания, название его особенностей, качеств.
- ✓ *Эвристическая функция* — показ нахождения пути к разрешению возникшей проблемы, помощь в нахождении способа решения задачи.
- ✓ *Руководящая функция* — указание на направление действий в тех или иных условиях для получения определенного результата.
- ✓ *Прогностическая функция* — предвидение результата того или иного действия, поступка в тех или иных обстоятельствах.
- ✓ *Оценочная функция* — оценивание того или иного явления, действия, поступка на основе знания принятых норм, установленных правил, внутренних убеждений. www.ote4estvo.ru

2.5.1. Репрезентативная функция знаний

Знание как результат когнитивного опыта человека существует в двух формах языка – вербальной и невербальной. Если первоначально внимание большинства исследователей было приковано к природе вербального языка, то позднее в поле внимания попадают формы невербальной репрезентации. Это объясняется стремительно развивающейся информатизацией общества, когда человеку необходимо воспринять и занести в хранилище собственной памяти хотя бы малую часть информации, поступающей из внешних источников. При таких условиях использование только вербального языка зачастую оказывается малоэффективным способом, поэтому необходимы дополнительные возможности организации информации, одной из которых является несловесный язык во всех его видах и формах.

Анализ основных функций вербального языка (коммуникативной и репрезентативной) показал, что базисной является репрезентативная функция, ибо репрезентация – это орудие коммуникации. Вербальный язык структурирует мысль, придает форму ее содержанию и, таким образом, репрезентирует ее. Как знаковое представление знания, репрезентация стала предметом детального семиотического анализа.

Так, семиотики Г. Фреге, Ч. Пирс разработали широкие концепции знаков.

Использование эпистемологической стратегии позволило выявить существенные различия между вербальным языком человека и невербальным языком животных, что способствовало реализации интерпретации одного языка в контексте другого. Если содержанием невербального языка животных являются сигналы и знаки, то основу вербального языка человека составляют естественные знаки и искусственные символы. Общим для них является функция репрезентации.

Несмотря на «молчаливый» характер невербального языка ему также присущи функции коммуникации и репрезентации. Выявлено несколько видов невербальной коммуникации: мифологическая, визуальная, художественная, предполагающие особые пространственно-образные формы выражения. Если знаками вербального языка являются словесные пропозиции, то невербальная репрезентация осуществляется посредством образов (художественные, графические, скульптурные), поведенческой атрибутики (жесты, мимика, визуальные контакты), языка научных моделей (схем, формул, диаграмм), сферы «неявного» знания и т.д.

Но как показывают исследования, оптимальным процесс репрезентации лишь становится тогда, когда вербальный и невербальный языки дополняют друг друга и взаимодействуют в контексте целостной познавательной культуры. Процесс репрезентации представляется нам весьма гибким. В ходе активной когнитивной деятельности субъекта вербально выраженное знание может быть трансформировано в невербальный образ (визуально ориентированная репрезентация), а знание, представленное образно, может перейти в разряд невербальной дескрипции (вербально ориентированная репрезентация). Оба вида репрезентаций функционируют по принципу «песочных часов», не прекращающих отсчет времени. Развернутое обоснование союза вербальной и невербальной форм языка проведено в работе А. Пайвио о двух способах кодирования информации, где была выдвинута «гипотеза двойного кодирования».

Репрезентация реализуется в виде разнообразных структурных форм (понятий, ментальных моделей, схем, фреймов, сценариев и т.д.). Каждая из форм демонстрирует дополненность вербального и невербального представления.

Структура полного цикла мышления предполагает постановку проблемы, формирование метода, применение метода к проблеме, представление результата. Анализ показывает, что представление результата на каждом этапе может получить как вербальное, так и невербальное оформление. Здесь возможны и варианты репрезентации, когда вербально выраженный результат может быть заменен невербальной репрезентацией.

Взаимодействие вербальной и невербальной форм знаний приобретает особо важное значение в образовательном процессе. Визуализация, выступая в союзе с вербальным повествованием, является одним из наиболее продуктивных приемов в обучении. Использование во время учебных занятий наглядных образов позволяет не только рационально расходовать учебное время, но и осуществлять формирование широкой и гибкой мыслительной культуры учащихся.

За последнее время были пересмотрены традиционные взгляды на способы репрезентации, утверждающие преобладание вербальной, либо невербальной форм представления знания. В современной науке и практике информационного общества намечается тенденция диалога между двумя основными типами репрезентации. И в будущем этот процесс потребует научного осмысления.

Знание как результат когнитивного опыта человека существует в двух формах языка – вербальной и невербальной. Если первоначально внимание большинства исследователей было приковано к природе вербального языка, то позднее в поле внимания попадают формы невербальной репрезентации. Это объясняется стремительно развивающейся информатизацией общества, когда человеку необходимо воспринять и занести в хранилище собственной памяти хотя бы малую часть информации, поступающей из внешних источников. При таких условиях использование только вербального языка зачастую оказывается малоэффективным способом, поэтому необходимы дополнительные возможности организации информации,

одной из которых является несловесный язык во всех его видах и формах.

Анализ основных функций вербального языка (коммуникативной и репрезентативной) показал, что базисной является репрезентативная функция, ибо репрезентация – это орудие коммуникации. Вербальное знание структурирует мысль, придает форму ее содержанию и, таким образом, репрезентирует ее. Как знаковое представление знания, репрезентация стала предметом детального семиотического анализа. Так, семиотики Г. Фреге, Ч. Пирс разработали широкие концепции знаков.

Использование эпистемологической стратегии позволило выявить существенные различия между вербальным языком человека и невербальным языком животных, что способствовало реализации интерпретации одного языка в контексте другого. Если содержанием невербального языка животных являются сигналы и знаки, то основу вербального языка человека составляют естественные знаки и искусственные символы. Общим для них является функция репрезентации.

Несмотря на «молчаливый» характер невербального языка ему также присущи функции коммуникации и репрезентации. Выявлено несколько видов невербальной коммуникации: мифологическая, визуальная, художественная, предполагающие особые пространственно-образные формы выражения. Если знаками вербального языка являются словесные пропозиции, то невербальная репрезентация осуществляется посредством образов (художественные, графические, скульптурные), поведенческой атрибутики (жесты, мимика, визуальные контакты), языка научных моделей (схем, формул, диаграмм), сферы «неявного» знания и т.д.

Но оптимальным процесс репрезентации знания становится тогда, когда вербальный и невербальный языки дополняют друг друга и взаимодействуют в контексте целостной познавательной культуры. Процесс репрезентации представляется весьма гибким. В ходе активной когнитивной деятельности субъекта вербально выраженное знание может быть трансформировано в невербальный образ (визуально ориентированная репрезентация), а знание, представленное образно, может перейти в разряд невербальной дескрипции (вербально ориентированная репрезентация). Оба вида репрезентаций

функционируют по принципу «песочных часов», не прекращающих отсчет времени. Развернутое обоснование союза вербальной и невербальной форм языка проведено в работе А. Пайвио о двух способах кодирования информации, где была выдвинута «гипотеза двойного кодирования».

Репрезентация знания реализуется в виде разнообразных структурных форм (понятий, ментальных моделей, схем, фреймов, сценариев и т.д.). Каждая из форм демонстрирует дополнительность вербального и невербального представления знаний.

Структура полного цикла мышления предполагает постановку проблемы, формирование метода, применение метода к проблеме, представление результата. Анализ показывает, что представление результата на каждом этапе может получить как вербальное, так и невербальное оформление. Здесь возможны и варианты репрезентации, когда вербально выраженный результат может быть заменен невербальной репрезентацией.

Взаимодействие вербальной и невербальной форм языка приобретает особо важное значение в образовательном процессе. Визуализация, выступая в союзе с вербальным повествованием, является одним из наиболее продуктивных приемов в обучении. Использование во время учебных занятий наглядных образов позволяет не только рационально расходовать учебное время, но и осуществлять формирование широкой и гибкой мыслительной культуры учащихся.

Таким образом, исследование темы репрезентации показывает, что за последнее время были пересмотрены традиционные взгляды на способы репрезентации, утверждающие преобладание вербальной, либо невербальной форм представления знания. В современной науке и практике информационного общества намечается тенденция диалога между двумя основными типами репрезентации. И в будущем этот процесс потребует философского осмысления.

2.5.2. Эвристическая функция знаний

Эвристика (от др.-греч. εὐρίσκω — «отыскиваю», «открываю») — отрасль знания, научная область, изучающая специфику творческой деятельности.

Под эвристикой понимают совокупность приёмов и методов, облегчающих и упрощающих решение познавательных, конструктивных, практических задач. Эвристика связана с психологией, физиологией высшей нервной деятельности, кибернетикой. Как наука **эвристика** развивается на стыке философии, психологии, теории «искусственного интеллекта», структурной лингвистики, теории информации, математики и физики.

Понятие эвристики

Эвристика представляет собой специфическую научную отрасль, исследующую творческую деятельность индивидов. Ввиду развития этой области знания на протяжении не менее двух тысячелетий существует комплексное представление о понятии «эвристика» как таковом.

1. Философский Энциклопедический словарь под эвристикой понимает **искусство изобретения**; руководство к тому, как методическим путём находить новое.
2. Философская Энциклопедия определяет эвистику как **организацию процесса** продуктивного творческого мышления (отсюда: эвристическая деятельность). В этом смысле эвристика понимается как совокупность присущих человеку механизмов, с помощью которых порождаются **процедуры**, направленные на решение творческих задач (например, механизмы установления ситуативных отношений в проблемной ситуации, отсекающие неперспективных ветвей в дереве вариантов, формирования опровержений с помощью контрпримеров и пр.).

В соответствии с этим определением ключевой **объект** изучения науки эвристики — это творческая деятельность; **предмет** и проблематика исследования — задачи, связанные с моделями принятия решений (в условиях нестандартных проблемных ситуаций), поиска *нового* для субъекта или общества, структурирование описаний внешнего мира.

3. Новая философская Энциклопедия определяет эвистику как **методологию научного исследования**; методiku обучения,

основанную на открытии и догадке. Изучение эвристических методов демонстрирует определённое сходство исследовательских процедур и деятельности в той их части, которая связана с творческим обобщением наличного материала и выдвижением гипотез. (Детальное изучение эвристических приёмов в математике, к примеру, было предпринято Д. Пойа.)

4. Философская Энциклопедия (под ред. Константинова) совокупно представляет эвристику как: 1) **момент открытия нового**; 2) методы, используемые в процессе такого открытия; 3) науку, изучающую творческую деятельность и 4) метод обучения (например, сократические беседы).

5. В современном понимании эвристика — это теория и практика **организации избирательного поиска** при решении сложных интеллектуальных задач.

6. В наиболее кратком виде эвристика определяется как *«наука о том, как делать открытия»*. Это определение принадлежит известному математику Джорджу Пойа (книга «Математическое открытие»).

2.5.2.1. Эвристические методы

Эвристическими методами называются логические приёмы и методические правила научного исследования и изобретательского творчества, которые способны приводить к цели в условиях неполноты исходной информации и отсутствия четкой программы управления процессом решения задачи.

В узком смысле слова под эвристикой понимают интуитивные (неосознанные) методы решения задач, в том числе

- систему обучения, берущую свои истоки от сократовской майевтики (т. н. сократические беседы),
- эвристические методы проектирования,
- методы инженерного (изобретательского) творчества,

- эвристический алгоритм, представляющий совокупность приёмов в поиске решения задачи, которые позволяют ограничить перебор.

В настоящее время разработано и эффективно используется несколько десятков эвристических методов. Универсальных среди них нет, и в каждой конкретной ситуации рекомендуют пробовать применять ряд методов, поскольку основное их предназначение заключается в активизации творческой деятельности. Это достигается следующими мерами:

- преодолением психологической инерции, обусловленной привычным образом мышления и типовыми методами решения задач определенного класса. Замечено, что около 80 % нововведений вначале специалистами отрицается как нереальные. Инерцию развивают и усиливают:
 - рецептурное обучение и проектирование по аналогии;
 - подсознательная вера в то, что каждая вещь и явление служат строго определенной цели;
 - (техническая) терминология. Ф. Энгельс писал: «В науке каждая новая точка зрения влечёт за собою революцию в технических терминах»;
- мобилизацией подсознания;
- расширением перспектив видения, чему препятствует чрезмерная специализация образования и узкопрактический подход. Необходимо применение разнообразных методов, расширение области поиска новых идей и увеличение их количества.

2.5.2.2. Эвристические модели

Мышление человека можно условно разделить на **осознано-логическое** и **интуитивно-практическое**. В реальном осуществлении творческого процесса оба вида мышления взаимодействуют в диалектическом единстве, результатом такого взаимодействия становится **модель проблемной ситуации**. Ей предшествуют предварительные, нередко долгие и напряжённые размышления, поиски, пробы.

Эвристика как наука занимается построением эвристических моделей процесса поиска оригинального решения задачи. Основная **задача** эвристики сводится к построению моделей осуществления процесса поиска нового для данного субъекта (или общества в целом) решения задачи.

Существуют различные типы таких моделей, среди них в качестве примера можно привести некоторые варианты:

- **модель слепого поиска**, которая опирается на метод проб и ошибок;
- **лабиринтная модель**, в которой решаемая задача рассматривается как лабиринт, а процесс поиска решения — как блуждание по лабиринту;
- **структурно-семантическая модель**, которая исходит из того, что в основе эвристической деятельности по решению задачи лежит принцип построения системы моделей, которая отражает семантические отношения между объектами, входящими в задачу.

2.5.2.3. Особенности эвристической деятельности

Эвристические методы и моделирование присущи только человеку и отличают его от искусственных интеллектуальных (мыслящих) систем. В настоящее время к сфере человеческой деятельности относят:

- постановку задачи;
- выбор методов её решений и построение (разработку) моделей и алгоритмов, выдвижение гипотез и предположений;
- осмысление результатов и принятие решений.

Стоит отметить, что важной особенностью именно человеческой деятельности является наличие в ней элемента случайности: необъяснимые поступки и сумасбродные решения часто лежат в основе оригинальных и неожиданных идей.

Однако с развитием вычислительной техники выполнение всё большего числа функций берут на себя автоматические системы, при этом выполняя работу быстрее и эффективнее человека. Задача

человека как *homo sapiens* — прежде всего совершенствоваться в **эвристических процедурах**, а не в выполнении алгоритмизированных операций, чтобы впоследствии не оказаться вытесненным «разумной» техникой.

2.5.2.4. Результаты эвристической деятельности

В науке и технике выделяют следующие результаты эвристической (творческой) деятельности:

- *открытие*, то есть установление ранее не известных объективных закономерностей, свойств и явлений материального мира с обязательным экспериментальным подтверждением. Открытие в основном является продуктом научной деятельности, но решающим и революционным образом определяет развитие техники. На открытие существует *приоритет* (право первенства), но нет права собственности на использование;
- *изобретение*, то есть новое и обладающее существенными отличиями техническое решение задачи, которое не является очевидным следствием известных решений. Изобретение относится к объектам интеллектуальной собственности и защищается патентным правом (главным образом — в виде предоставления патентообладателю исключительного права на использование изобретения). Содержание изобретения публикуется. Изобретателю выдается патент, свидетельствующий о его праве и приоритете на изобретение (в России ранее вместо патента выдавали авторское свидетельство). Исключительное право может быть уступлено (продано). Изобретение может быть использовано в коммерческих целях только с разрешения патентообладателя на основе лицензионного договора;
- *рационализаторское предложение*, то есть предложение по улучшению конструкции реального изделия или процесса его изготовления, не содержащее существенно новых решений (с недостаточно существенными отличиями) и с незначительной эффективностью. Часто в качестве рацпредложения оформляют применение решения, не известного на данном предприятии, но известного в других местах (но следует быть осторожным с возможным нарушением авторских прав). Понятие рацпредложения существует всего в нескольких

- странах как способ поощрения изобретательства и вовлечения в него широкого круга работников предприятия;
- *ноу-хау* (know-how, «знаю, как сделать»). Под этим термином обычно подразумевают техническую, организационную или коммерческую информацию, составляющую секрет производства (любого) и имеющую коммерческую ценность (*ноу-хау* не относится к государственным секретам). В отличие от патента на изобретение, на *ноу-хау* существует только право на защиту имущественных интересов в случае их незаконного получения и использования.

2.5.3. Прогностическая функция знания (науки)

Методологическая часть научного исследования дает не только фундамент объяснения как важнейшей функции знания (науки). Она обосновывает прогностическую роль конструируемой теории, разрабатываемой модели.

В итоге предвидение также выступает фундаментальной методологической функцией знания (науки). Ученый, владеющий научной методологией, сможет разобраться в типологии научных предсказаний и открытий. Кант говорил, что исторические стереотипы общественного сознания извне детерминируют индивидуальное восприятие, но эти относительно *априорные* формы включают в себя категорию времени как необходимую характеристику существования. На самом деле именно некие идеальные стандарты регулируют реальную предметную деятельность, создавая образы временной локализации предмета.

Предвидение представлено спектром прогностических рефлексий в различных видах деятельности, которые дополняют друг друга. Анализ живой субстанции субъекта предсказания предполагает специальное рассмотрение вопроса о внелогических, субъективных факторах предвидения: прогностической функции эмоций, бессознательном, воображении и интуиции. В силу этого принципиально возможно функционирование предвидения как особого рода деятельности, связанного с научным творчеством, инновационным исследованием. Интегральные образования феноменологического сознания выступают как некая априорная мотивация, подлежащий реализации проект,

идеально-целевое содержание, включающее определенную внутреннюю историчность действия и жизненное время.

По Канту, идеал всереальной сущности, хотя он есть только представление, сначала реализуется, то есть превращается в объект, затем гипостазирован и в силу естественного продвижения разума к завершению единства даже персонифицируется. Регулятивное единство опыта основано не только на связи их многообразного содержания посредством рассудка мыслящего существа, как полагает Кант, но и на социокультурной деятельности людей. Критерии существования во всей его синкретичности и дихотомии – включенность объекта в предметную деятельность человека и принципиальная возможность рефлексии этой деятельности. Идеи Платона, Канта, Гегеля, Галилея, Лейбница, Паскаля, других мыслителей и ученых, представляющих различные эпохи и сферы культуры, показывают принципиальную возможность: ? объективных предсказаний, осуществляемых наукой на протяжении ее развития от античности до наших дней; ? субъективных предсказаний, сформулированных отдельными учеными, осознавшими свое утверждение как предсказание. Первые характеризуют прогностическое значение идеи, концепции, метода, теории, языка – словом, всего того, что имеет своим основанием концептуальное предвидение. Такой тип предсказания представлен прогностической функцией науки в целом. Каждая научная концепция вносит свою лепту в углубление прогностической рефлексии, но особенно бурно развивается рефлексивная способность философии с открытием первых университетов. Неверно считать, что предсказательная функция была раньше исключительно ретроспективной. Если принять данное высказывание за истинное, то прогностическая функция философии идентифицируется с ее осознанием. Между тем, зарождение предвидения и его рефлексия не совпадают по времени. Объективные предсказания темпорально многовекторны, об этом давно знают представители естествознания.

Второй тип предсказаний охватывает большой спектр прогностических высказываний ученых, носящих единичный экстенсивный характер, начиная с предсказания солнечного затмения Фалесом Милетским, замедления вращения Земли Кантом и кончая многочисленными политическими, технологическими и экологическими прогнозами XX века. Первый тип предвидения реализует объективную прогностическую функцию общественного сознания, тогда как второй связан с индивидуальной прогностической деятельностью социального

субъекта. Наряду с индивидуальными предсказаниями и утопиями ученых в дальнейшей истории науки интенсивно развивается объективная прогностическая функция науки. В этом отношении наука Галилея несопоставима с наукой Эйнштейна.

Стремление к новому, к открытиям приводит к тому, что любой человек отказывается от однообразия, утомительных операций даже при высокой оплате труда. Противопоставление предсказуемости и открытия в определении критерия нового имеет смысл лишь по отношению к определенному классу открытий и к определенному типу предвидения. Термин *новое* жестко связывается с интенсивными открытиями, этот тип открытий невозможно предсказать, хотя они вписаны в структуру прогностической деятельности: открытия Рентгена, Кюри, Фарадея. То обстоятельство, что в ходе научной практики получается интенсивно новый результат, предсказать который невозможно, послужило одним из доводов Поппера против научного социального предвидения, связанным с парадоксом предсказания научного открытия. Часто в положениях, формулируемых ученым как некие умозаключения, естественно-научные или общетеоретические мысли, идеи, сознанием автора не обнаруживается какой-либо прогностической значимости. Она выявляется затем в общественном самосознании, в историческом движении научного знания.

Уровень осознания предвидения и темпоральной культуры зависит от общего исторического фона, в котором можно уловить определенную доминанту эпохи. Так, механика и ее язык воздействовали на цивилизацию в целом, формируя новый уровень предвидения. Классическая парадигма способствовала экстенсивному развитию прогностической функции науки, давая простор многочисленным единичным открытиям и предсказаниям в рамках существующих концепций. Статический подход благоприятствовал осуществлению презентивного предсказания, открывавшему неизвестные ранее, но актуально существующие объекты действительности. Вписываясь в ткань социальной деятельности, процессы предвидения и открытия становятся близки по времени, ритмам, по своей структуре и стратегии. Процесс предвидения строится по этапам: ? прошлое знание; ? общий метод; ? практическая проблема; ? общее решение; ? исследование; ? планирование; ? ежедневное решение; ? действие; ? конечный результат; ? эволюция результата. Изменение категориальных сеток происходит закономерно, по объективной логике, независимо от мотивов, целей и индивидуального стиля

мышления, однако научный опыт субъекта как своеобразная аккумуляция предшествующих эпох, его эрудиция и стремление к новизне и оригинальности мышления (которое минимально вероятно в рамках старого знания) могут оказать решающее воздействие на переход к интенсивному предсказанию.

Социальное обследование, к примеру, служило своеобразной формой артикуляции социальной утопии. Впоследствии, отмечает Г.С.Батыгин, когда в методологии социальных наук возобладал позитивистский идеал строгого незаинтересованного знания, утопическая эйфория была вытеснена по крайней мере в подсознание социологии. Вместе с тем, методологическая нагрузка в проблеме предвидения связана в том числе с социально-философской онтологией бытия и времени.

Бытие и существование – не синонимы, язык закрепил это обстоятельство наличием пары понятий: *бытие и существование, das Sein und die Existenz, being and existence, l'etre et l'existence*. Гносеологические причины возможной односторонности кроются в определенной узурпации существования, а не только в субстанциализации одного из видов реальности. У Гегеля все экзистенциальное снимается абсолютным знанием, в то время как экзистенциализм, напротив, только экзистенцией и ограничивается. Миру как в-себе-бытию, по Сартру, противостоит сознание в качестве для-себя-бытия: оно есть чистая преднамеренность, тенденция, нетипичность, полагание смысла. Существование связывается преимущественно с признаком презентивного присутствия, то есть с существованием в настоящем времени: на поверке солдат или ученик отвечают *здесь* в смысле *существую, присутствую*. Настоящее (существо, являющееся настоящим) позитивно, не может быть мертвым, неподвижным в-себе-бытием, которое не существует иначе как в прошлом. *Оптимистично то мировоззрение, которое бытие ставит выше небытия и тем самым утверждает мир и жизнь как нечто ценное само по себе* (Швейцер). Если мы отвлечемся от концептуального содержания категорий бытия и небытия, и термин *бытие* будет включен в знаковую систему обычного языка, где он получит значение *жизнь*, то придем к выводу, что активная позиция человека связана с бережным отношением ко времени жизни, с размышлениями о будущем человечества.

Известно, что носителем перцептивной информации являются волны Шумана (частота 7,8 Гц) и их гармоники, распространяющиеся по

волноводу земля-ноосфера. Большая скорость передачи информации объясняется результатом сочетания низкой скорости поступления информации на вход приемника с высокой скоростью заполнения пробелов в сообщении с помощью воображения. Данные в пользу предвосхищения сочетаются с допущением существования наряду с волнами запаздывания и волн опережения. Эффекты наблюдателя дают возможность установления нетривиальной связи между сознанием и внешним миром, а принцип нелокальности позволяет этой связи преодолевать пространственные и временные границы. Перцептивная прогностика не связана с нарушением причинности, а лишь демонстрирует ограниченность классической парадигмы причинности и детерминизма, а также двойной (дополнительный) характер детерминации перцептивной психики. Иногда фейнмановские диаграммы связывают с эквивалентным, инверсным протеканием времени в любую сторону. Г. Рейхенбах принимает направление времени конвенциональным как следствие конвенциональной одновременности в рамках релятивистской теории.

Интенсивное развитие научной теории ставит задачу совершенствования концептуального аппарата прогностики, обоснования типологии предвидения. Соединение обсуждавшихся ранее отдельно проблем времени (в прошлом традиционно онтологическая проблема) и предвидения (в прошлом традиционно гносеологическая, эпистемологическая проблема) оказывается не случайным, оно приводит к новизне научного подхода, взаимному обогащению этих проблем. Именно этот союз детерминирует новые основания типологии предвидения и многообразия времени, включает время в проблему предвидения. Положение о предвидении как особой деятельности общественного субъекта учитывает тезис о практической природе и социальной обусловленности процесса предвидения, его исторических форм. Между тем, анализ временного аспекта предвидения представляет собой срез прогностического знания, в котором прослеживается целый ряд актуальных вопросов научного предвидения. Интерпретация форм прогностики как социально детерминированных феноменов культуры лежит в основе их взаимодействия, к тому же история конкретных наук, ее узловые моменты создают фундамент научной теории предвидения. Возможно социологическое обоснование представления о прогностическом процессе как деятельности и проведение этого принципа в типологии научного предвидения в соотношении с практикой научной открытий и научной новизной диссертационных исследований.

Временные характеристики существенно влияют на развитие прогностического сознания. Центральным понятием прогностики является понятие предвидения, выражающее, с одной стороны, сложную структуру прогностического отражения общественного человека, включающее историко-генетические уровни, формы функционирования и темпоральные характеристики, а с другой – особый вид деятельности, связанный с осознанием и освоением времени и направлений на приращение знания. Отдельно взятый тип предвидения особым образом связан с типом научной деятельности и уровнем культурно-исторической рефлексии времени. Проведение гносеологического и лингвистического анализа концептуального аппарата прогностики возможно именно с позиций типологии предвидения. Преимущество культурно-исторического подхода в том, что он учитывает научные и вненаучные детерминанты прогностической деятельности, взаимодействия различных форм предвидения в историческом становлении и в структуре научного сознания. Важным моментом становится выявление целостности предвидения как реального единства объективного и субъективного, чувственного и логического, научного и обыденного в системе прогностического сознания; детерминация уровней прогностики развитием общества, научными революциями и эволюцией культуры.

В таком случае оказывается возможным исследование времени не только в роли традиционного понятия онтологии, но и вскрытие методологической, гносеологической функции этой категории, в частности, по отношению к проблеме предвидения, тем самым осуществление темпорализации проблемы предвидения. Если проанализировать взаимодействие исторической эволюции предвидения, уровней освоения времени с учетом дополнения научной рефлексии времени его художественно-эстетическим осознанием, то с таких позиций можно осуществить интерпретацию донаучной прогностики, атемпоральной структуры теоретического интенсивного (глобального, стратегического) предсказания, неосознанного опережающего отражения. Осмысление методологического содержания понятия инверсии времени реализуется не в аспекте одного лишь частнонаучного знания, а в качестве обобщенного механизма познания, специализированного на инверсии, включающего обобщение художественной инверсии.

В методологии научной прогностики и научного описания времени мы приходим к тому, что **прогностическая функция науки выступает как рефлексия прогностической деятельности социального**

субъекта. Методологически время и предвидение оказываются существенно связанными между собой, прогностическая функция времени обнаруживает сложную структуру, а темпоральная детерминация предвидения оказывается многомерной. Онтологически предвидение вписывается в идеальный вид деятельности, социальное и культурное конструирование, направленное не только на приращение знания, но и на моделирование реальности, преобразующей практической деятельности. Объективные основания предвидения связаны с необратимостью (*стрелой*) времени, детерминируемой необратимым характером природных и исторических процессов и конструирующей научный прогноз. В рамках природной детерминации предпосылкой предвидения является опережающее отражение, которое в историческом генезисе сознания трансформируется в прогностическое отражение и социальное конструирование. Интересным явлением здесь выступает обратное воздействие предсказания на ход реальных событий, известный, по А.М.Гендину, как *Эффект Эдина*.

Предвидение представлено спектром прогностических рефлексий в отдельных видах познавательной деятельности, дополняющих друг друга как в творчестве отдельных ученых и художников, так и в развитии науки и искусства в целом. В системе предвидения функционируют альтернативные, но дополняющие друг друга характеристики – логическое и внелогическое, сознательное и бессознательное, интенсивное и экстенсивное, субъективное и объективное, темпоральное и атемпоральное. Гносеологическая инверсия времени создает алгоритм, формирующий целостность объекта предсказания и снимающий различие временной ориентации непознанных сфер бытия. Семантически процесс формирования теоретических оснований предвидения связан также с дальнейшей специализацией языка прогностики. Наличие разночтения в понятиях прогностики ставит задачу анализа языка, соотнесение этих понятий с концептуальным аппаратом социологической науки, делает возможным решение проблемы унификации прогностических терминов. Этимологическое и содержательное значения понятий в системе предвидения предполагает в качестве основы не только лингвистический анализ и некие методологические регулятивы, но и гносеологический анализ соотношения онто- и филогенетического развития предсказательной основы функции сознания, становления исторического предвидения, а также соотношения обыденного и научного, социологического и естественнонаучного в системе предвидения.

Эпистемологически интегральный подход позволяет выявить принципиальную структуру прогностического процесса как последовательную смену концепций, категориальных систем в основном стратегическом типе предвидения, способствуя преодолению известной односторонности рассмотрения проблемы в изоляции от общего контекста развития науки. Научное предвидение реализует прогностическую функцию науки в осознании прогностическим отражением закономерностей обобщенного теоретического объекта. Новая классификация типологий предвидения учитывает его системность и определяется типами деятельности.

Исторически реализация предвидения происходит как субъективно в творчестве отдельной личности, так и объективно, путем выражения прогностичности концептуального знания. Деятельность по реализации предсказания становится важнейшим социокультурным фактором и определяется как практика научного открытия. Но при этом время в своей социально-исторической форме является необходимым фактором прогностической деятельности, исторической формы, методы, уровни предвидения. Поскольку в сферу культуры оказываются втянутыми концепции, теории, представления времени из самых различных ее компонентов, научное осознание времени дополняется его художественной рефлексией, аксиологически время и предвидение оказываются тесно увязанными между собой. Нравственная оценка предсказываемого будущего заставляет человека по-новому оценивать и свое поведение в настоящем, формирует качественно новый алгоритм деятельности. Практическое преломление знания о времени и его нравственной функции, понимание его прогностической роли способствует формированию активной жизненной позиции социального субъекта. В итоге время выступает в виде комплекса характеристик, конструирующих прогностическую деятельность в целом и оценочную рефлексию будущего в рамках культуры.

Преодоление разрыва между предвидением и проблемой времени не может произойти стихийно, оно требует сознательно организованной деятельности людей на основе научной теории. Осознание ценности исторического времени и активной роли предвидения способствует повышению чувства ответственности и ориентации на реализацию актуальных задач социальных стратегий. Духовная жизнь принципиально прогностична, она выражает себя в открытости миру, способности к трансгрессии, преодолению наличной ситуации. Изменение идеального отражает в субъективной сфере процессы

социальных практик, хотя в качестве самостоятельной идеальной детерминации связано с мотивацией, целью, побуждением, долженствованием, предвидением.

Парадокс в том, что прогностическая ценность связана с элиминацией временной характеристики, то есть атемпоральностью: типизация и обобщение выражаются в преодолении времени, художественной инверсии. Благодаря инверсии осознается связь личного и исторического, формируется целостный образ, передается нерасторжимость времени. Инверсия времени выступает как средство художественной выразительности. При этом нельзя сводить вопрос о временной детерминации предвидения к простой констатации связи предвидения с темпорализмом науки. Многомерный характер этой связи в том, что время детерминирует прогностическую деятельность общественного субъекта в нескольких аспектах. Описание свойств реальности в аспекте времени на уровне обыденного сознания, искусства, науки служит необходимой детерминантой предвидения: предсказуемость реальности и прогностическая сила концепции становятся зависимыми от операциональности представлений о времени. С момента формирования психофизических и психологических факторов субъективного времени оно становится детерминирующим условием социального прогноза.

Прогностическое отражение действительности включает в себя инверсию времени в качестве возможности экстраполяции выводимой закономерности на все временные сферы бытия. Инверсия времени в гносеологии, таким образом, выступает как увеличение степеней свободы мышления. Теоретическое концептуальное предвидение приобретает статус истины, которая атемпоральна, безразлична к направлению времени, не приурочена к какому-либо временному моменту, модусу. Интенсивное предсказание остается истинным для всех сфер реальности, тогда как экстенсивные предсказания, напротив, содержат временное ограничение по модусу конкретного единичного объекта. Если необратимость, стрела времени детерминирована природными и культурно-историческими процессами и выступает детерминантой прогностической деятельности, то гносеологическая инверсия времени образует идеальную детерминацию предвидения. Время выступает двойным прогностическим фактором – объективным и субъективным. Это обстоятельство ставит проблему предвидения в широкие рамки культуры, не ограничивая его исследование чистой логикой.

Анализ становления прогностического сознания, структуры современного научного предвидения создает возможности для углубленного раскрытия содержания понятий *предвидение, предсказание, прогноз, прогностическая деятельность, прогностическое сознание, ретросказание, практика научного открытия*. Обоснование типологии предсказания заставляет анализировать различные срезы предвидения: этапы становления собственно научного уровня предвидения, с одной стороны, и взаимодействие логических и внелогических элементов в его структуре – с другой.

Отсюда – важность рассмотрения временного аспекта опережающего отражения, являющегося природной основой прогностической функции сознания. В процессе создания теории предвидения должны быть учтены данные конкретных наук. Когда общество все в большей степени сознательно контролирует процессы своего развития, а социология становится методологией практики, проблема взаимосвязи конкретно-научных и общеметодологических вопросов предвидения выдвигается в число наиболее важных вопросов социальной прогностики. Становление общественного самосознания своим изначальным синкретизмом обусловило будущую дифференциацию темпоральных представлений и предвидения, которые далеко не сразу были осознаны и теоретически оформлены.

Не выходя за рамки индивидуальной деятельности, предсказательные суждения выступают как обыденная прогностика, базирующаяся на эмпирическом опыте личности и обладающая силой повседневной практики и здравого смысла: обыденный прогноз по существу выражает оптимальный алгоритм поведения. Спецификация открытий оказывается существенно связанной с типологией научного предвидения, с типом деятельности. Понятие научного открытия включается в атемпоральные формы знания, но включает процессуальную временную сторону научного исследования, время осознания и его признания, а также некий непрогнозируемый элемент неожиданности. Еще одним признаком в дефиниции научного открытия является дифференциация по признаку верифицирования либо фальсифицирования: позитивное или негативное по отношению к старой парадигме науки. Анализ научного открытия является дальнейшим углублением понимания предвидения и культуры научной деятельности.

Историческая эволюция предвидения приходит к научному предвидению, демонстрируя сложный спектр его донаучных форм предвидения, системный характер прогностического сознания и органическую взаимосвязь субъективных актов предсказаний и объективной ценности прогностической функции познания. Эпистемологически интегральный подход позволяет выявить принципиальную структуру прогностического процесса в последовательной смене категориальных сеток в глобальном, стратегическом типе предвидения. Этим преодолевается односторонность проблемы в изоляции от контекста развития науки. Новая классификация типологий предвидения учитывает его системность и определяется типами и видами деятельности. Основываясь на культурно-исторических корнях, предвидение имеет индивидуально выраженные формы функционирования в бессознательном, эмоциях, воображении, интуиции.

В научном предсказании психологическая и логическая стороны связаны как индивидуальное и универсальное. Предвидение выступает как деятельность в своем отношении к субъекту исследования и поставленной задаче, а также как процесс в аспекте вопроса о закономерностях его протекания. Для прогностического мышления в отличие от психического прогнозирования специфично предметное значение, семантическое содержание, которое сформировалось у человека. Поэтому временной аспект прогноза детерминирован не только природным, но и социальным временем. Законы науки в качестве алгоритма социального опыта служат критерием прогноза, которого мы лишаемся, как только входим в рамки индивидуальности. Существуют исторически ценные результаты попытки Канта показать опережающую роль сознания по априорному алгоритму, а также анализа антиципаторной, прогностической функции познания.

Эмоционально-чувственный элемент прогностической деятельности способствует формированию внутреннего предвосхищения, увеличивая эффективность прогнозирования. Эмоции помогают уйти от консерватизма мышления, вступая в конфликт со здравым смыслом и его стандартами. Алогизм эмоциональной сферы отражения оборачивается жизненной логикой чувств, предохраняющей от издержек жесткой логики рассудка. Прогностическая роль эмоций проявляется в создании новых формаций сознания, жизненных принципов и характера. Эмоции характеризуют темпоральность существования, исключают безразличие к собственному времени и

объективной временности бытия, чему-то еще не осуществленному, направлены к будущему. Наличие внелогических элементов предсказания, которые не достигают осознания, открытости, но являются немаловажным фактором прогностической деятельности, выражает некий атемпоральный запас бессознательного, из которого информация переходит в осознаваемую субъективную темпоральность сознания. Аналогично происходит актуализация потенциального существования феноменов прошлой культуры, которая является мертвым грузом в отсутствии рефлексии, придающей ей актуальность. Эмоциональное переживание прогностической задачи и бессознательная работа с важнейшим запасом информации синтезируют прогностическую интуицию, преобразующую скрытую информацию в открытую, осознанную.

Синтез указанных форм, необходимый для прогностического процесса, имеет свои корни в воображении, которое включает в себя концентрированную историю индивида, от простейших форм чувственного отражения до сложнейших абстракций эпохи и эпистем науки. Воображение локализуется в относительно самостоятельной сфере гносеологических образов, для которых отсутствует однозначная детерминация объективной данностью. Если восприятие презентивно, а представление ретроспективно, то воображение обладает более сложной темпоральной характеристикой, приобретая еще и специфическую устремленность в будущее, способность трансгрессии, проникновения за рамки меры привычного и устоявшегося, прорывая границы наличной действительности, преодолевая психологические и парадигмальные барьеры познания.

Субъективные компоненты прогностического отражения зависят от неповторимости онтогенеза, индивидуальности субъекта, хотя индивидуальное сознание не всеильно, а способно к предвидению лишь во взаимодействии с архетипами в социокультурном контексте. Итоговый результат научного предвидения снимает элементы субъектных особенностей и эмоциональной структуры личности, элиминирует детали индивидуального опыта и конкретно-исторического в развитии объекта. Логическое ядро предсказания содержит в себе внелогическое в снятом виде. Процедура снятия зависит от априорных принципов и культурных традиций. В целом прогностический опыт аккумулируется путем передачи культуры следующим поколениям.

Теоретическое развитие прогностики не может быть обосновано чисто индуктивно, исходя из правил специальной науки. Методология предвидения должна быть взята извне, на уровне социологического обобщения, в философии. Начало в исследовании предвидения эксплицируется на уровне прогностики как отношение основания типологии предвидения – эмпирического и теоретического, логического и внелогического, неосознаваемого и рефлексивного, темпорального и атемпорального, интенсивного и экстенсивного, научного и донаучного, объективного и субъективного, естественнонаучного и гуманитарного: социологического, художественного, философского.

Возможно рассмотрение предвидения в качестве живого познавательного отношения, реализуемого в деятельности. В классификационной структуре предвидения можно наметить несколько типологий, которые дополняют друг друга, присутствуя в снятом виде в каждой последующей форме: 1) *По культурно-историческому уровню науки* – донаучное (обыденное, провиденциальное, утопическое) и научное (соответственно историческим формам науки). 2) *По объекту науки* – социологическое, политическое, этическое, эстетическое, технологическое, естественнонаучное, экологическое. 3) *По типу развития и охвата сферы науки* – экстенсивное, региональное, тактическое, методологическое, апостериорное и, с другой стороны, интенсивное, глобальное, стратегическое, методологическое, априорное. 4) *По типу субъекта предсказания* – субъективное, индивидуальное, личностное, коллективное и, с другой стороны, объективное, надиндивидуальное, концептуальное, обезличенное. 5) *По темпоральной (временной) ориентации объекта* – ретроспективное, презентивное, прогностическое, атемпоральное. 6) *По гносеологическому уровню* – внелогическое (перцептивное, бессознательное, интуитивное), эмпирическое, умозрительное, теоретическое. 7) *По логической форме* – дедуктивное и индуктивное, экстраполяционное и интерполяционное, аналитическое и синтетическое.

Предсказательные суждения, связанные с экстраполяцией известной закономерности на новые объекты, характеризует экстенсивный тип развития прогностической функции науки. Его отличие в том, что новый объект укладывается в рамки прежней теории. Интенсивное предсказание осуществляется не на основе, а вопреки старой теории, выходит за ее границы, хотя вместе с тем оно детерминировано предшествующим экстенсивным развитием науки. Разделение на два

основных типа научного предвидения (экстенсивный и интенсивный) является общим для естественных и социальных наук. Подлинно глобальным предвидением интенсивного типа явилось предсказание экологической катастрофы земли. Глобальные прогнозы обладают особой значимостью, обнаруживая ответственность субъекта предсказания, связь с социальным временем. Это способствует усилению конструирующего и регулирующего отношения субъекта к действительности, оптимизации деятельности, воспитанию гражданственности и гуманизма.

Остановимся на семиотической стороне вопроса в связи с трудностями описания системы предвидения, имея в виду взаимодействие текстов того или иного языка культуры, восполняющее неполноту информации о предсказуемом объекте. Главная пара терминов прогностики выступает как обязательная для европейских языков: *предвидение и предсказание, foreseeing and forecasting, die Voraussicht und die Voraussage, la prevision et la prediction*. Язык предвидения должен быть единым в многообразии форм, типов и видов предсказаний, при отсутствии фиксированной договоренности он может утратить свое предназначение. В итоге, язык научного прогностики функционирует на основе вычленения содержания, которое оказывается общим для частнонаучного и гносеологического подхода. Эта классификация, кстати, выступает в роли необходимой аргументации для освобождения языка прогностики от синонимичности.

Понятие предвидения интенсивно, оно больше относится к чувству внутреннего предвосхищения, умозрения, объективной прогностической априорности, глобальному открытию качественно нового класса объектов либо интуитивному выбору индивидуально непредсказуемой закономерности. Этот тип прогностической деятельности полностью не формализуется и не вписывается в рамки логического, в нем преодолеваются стандарты деятельности. Термин *предсказание* связан с экстенсивной прогностикой, а этимологически – с изложением предсказываемого события и обозначает определенные этапы прогностической деятельности, дает их более четкими средствами логики, не выходя из привычного культурно-исторического метода, реализуется в деятельности единичного субъекта и связано с субъективным временем, тогда как предвидение нередко обезличено. Теоретическое предвидение приобретает статус объективной атемпоральной истины, которая безразлична к временной ориентации объекта.

Практика научного открытия является подтверждением предсказания либо его отрицания. С этой точки зрения все открытия могут быть классифицированы и по признаку верифицируемости или фальсифицируемости по отношению к старой научной концепции. Первые подтверждают экстенсивные научные предсказания, исходящие из теории. Экстенсивный тип развития науки включает в собственную ткань ростки будущего интенсивного скачка. Наполнение времени зависит от жизненной системы отсчета субъекта, от того, как и какие ценности занимают в его мировоззрении высшие этажи в иерархии бытия. Престиж ученой степени привлекает не только гениальных и поистине творческих представителей научной когорты, но и работоспособных специалистов, а иногда и просто трудолюбов, хотя в любом случае диссертательность работы зависит от наличия в ней научной новизны и прогностичности.

Само же понятие новизны должно использоваться в исследованиях в соответствии с двумя типами развития прогностической функции науки: интенсивное (качественно новое) и экстенсивное (количественно новое) приращение знания.

2.5.4. Оценочная функция знаний

Применение методов искусственного интеллекта в переборных алгоритмах

Эвристический метод, используемый для получения подобных оценок в общем заключается во введении некоторой числовой функции на множестве позиций, зависящей от ряда переменных, которую называют оценочной функцией (evaluation function). Переменными обычно служат разного рода элементарные оценки позиции, такие как, например, материальный перевес, пешечные структуры, угрозы фигурам. Функция должна быть легко вычисляема, поэтому ее обычно строят в виде линейной функции соответствующих переменных. Некоторые исследователи ищут развитие этого метода в усложнении вида оценочной функции путем введения в нее нелинейных элементов или использования булевых функций. Тем не менее, сложность расчета такой функции имеет критическое значение, так как должна быть оправдана отказом от исследования дальнейшего развития ситуации. Иными словами, время, потраченное на вычисление слишком сложной

оценочной функции, может быть с гораздо большим успехом потрачено на просчет ходов из данной позиции и расчет более простой оценочной функции в полученных позициях.

Так или иначе, оценочная функция определяется набором переменных, видом и набором параметров. Выбор переменных производится путем анализа экспертных знаний. На этом этапе иногда есть возможность обратиться к литературе по теории данной игры, каковой в избытке можно найти по шахматам. Кроме того, на практике часто очень полезны даже самые элементарные соображения экспертов, имеющих опыт игры. Это очень важно в случае с играми, для которых не создано такой внушительной теоретической базы. В некоторых, достаточно простых играх хватает всего трех переменных, и такая функция делает игру программы сносной; в шахматах их число обычно достигает нескольких сотен. Вид функции, как уже говорилось, определяется сравнительной легкостью вычисления. Последним этапом построения оценочной функции, а зачастую и всей программы, является подбор параметров при переменных (нелинейных или булевых слагаемых), то есть весов соответствующих критериев оценки позиции. Здесь анализа экспертных знаний всегда недостаточно. Часто критерии кажутся несоотносимыми, хотя требуют точнейшей сравнительной оценки. Большое количество переменных, а соответственно и параметров, делает более-менее адекватный их априорный выбор просто невозможным. Еще одна проблема при выборе параметров - их нестабильность в том смысле, что в разных фазах игры, а иногда и в разных игровых ситуациях, наиболее сильной игре соответствуют разные оценочные функции. Может появиться необходимость в течение игры менять как параметры оценочной функции, так и ее структуру. В случае с фазами игры можно заранее предусмотреть такую замену, а в случае с различными игровыми ситуациями (которых на практике может оказаться больше, чем в теории) потребуются в процессе игры выбирать адекватную программу. Причем существуют варианты: выбирать из готовых, и/или адаптировать существующую программу, получая новую. Эта частная задача относится к классу задач самообучения игровых программ, и этот класс задач подробнее рассматривается ниже.

Учитывая то, что прочие аспекты построения программ, играющих в сложные позиционные игры (такие как порядок обхода дерева игры и построение частичных оценок позиций), довольно тщательно изучены, и результаты соответствующих исследований широко применяются; можно полагать, что решающую роль в написании таких программ в

настоящее время играет именно нахождение наилучшей процедуры выбора оценочной функции. Данная работа рассматривает некоторые проблемы, связанные с задачей подбора параметров в оценочной функции на этапе, когда ее вид и набор переменных уже заданы (либо существует несколько вариантов таковых).

Оценочная функция. Величина, подсчитанная по специальной формуле, которая на основе наблюдений выборки оценивает (даёт приближённое значение) истинную величину некоторого параметра выборки. Синонимы: estimate (point estimator – точечная оценка или точечная **оценочная функция**, interval estimator – интервальная оценка).

Чтобы прийти к однозначному и по возможности наивыгоднейшему варианту решения даже в том случае, когда каким-то вариантам решений E_i могут соответствовать различные условия F_j , можно ввести подходящие оценочные (целевые) функции. При этом матрица решений $\|e_{ij}\|$ сводится к одному столбцу. Каждому варианту E_i приписывается, таким образом, некоторый результат e_{ir} , характеризующий, в целом, все последствия этого решения. Такой результат мы будем в дальнейшем обозначать тем же символом e_{ir} .

Процедуру выбора можно теперь представить по аналогии с применением критерия (4.1)

$$E_0 = \{E_{i_0} \mid E_{i_0} \in E \wedge e_{i_0} = \max_i e_{i_1}\} \quad (4.1)$$

Возникает, однако, проблема, какой вложить смысл в результат e_{ir} . Если, например, последствия каждого из альтернативных решений характеризовать комбинацией из его наибольшего и наименьшего результатов, то можно принять

$$e_{ir} = \min_j e_{ij} + \max_j e_{ij}$$

Из сказанного вытекает способ построения оценочных функций, приводимый в табл. 4.2.

Таблица 4.2.

Построение оценочных функций

$$E_1 \quad e_{1n}$$

$$E_2 \quad e_{2n}$$

$$E_3 \quad e_{3n}$$

.....

$$E_j \quad e_{jn}$$

.....

$$E_m \quad e_{mn}$$

Наилучший в этом смысле результат имеет вид

$$\min_i e_{ij} = \min_i \max_j \left(\max_i e_{ij} - e_{ij} \right)$$

Теперь решение можно снова искать в соответствии с критерием (4.1). Формируя таким образом желаемый результат, исследователь исходит из компромисса между оптимистическим и пессимистическим подходами.

Рассмотрим теперь некоторые: другие оценочные функции, которые в данном примере мог бы выбрать конструктор, а также соответствующие им исходные позиции.

Оптимистическая позиция:

$$\max_i e_{ij} = \max_i \left(\max_j e_{ij} \right)$$

Из матрицы результатов решений e_{ij} (табл. 4.1) выбирается вариант (строка), содержащий в качестве возможного следствия наибольший из всех возможных результатов.

Таблица 4.1.

Матрица решений $\|e_{ij}\|$

	F_1	F_2	F_3	\dots	F_j	\dots	F_n
E_1	e_{11}	e_{12}	e_{13}	\dots	e_{1j}	\dots	e_{1n}
E_2	e_{21}	e_{22}	e_{23}	\dots	e_{2j}	\dots	e_{2n}
E_3	e_{31}	e_{32}	e_{33}	\dots	e_{3j}	\dots	e_{3n}
\dots							
E_j	e_{j1}	e_{j2}	e_{j3}	\dots	e_{jj}	\dots	e_{jn}
\dots							
E_m	e_{m1}	e_{m2}	e_{m3}	\dots	e_{mj}	\dots	e_{mn}

Наш конструктор становится на точку зрения азартного игрока. Он делает ставку на то, что выпадет наивыгоднейший случай, и исходя из этого выбирает размеры изделия.

Позиция нейтралитета:

$$\max_i e_{i\cdot} = \max_i \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e_{ij} \right) \quad (4.5)$$

Конструктор исходит из того, что все встречающиеся отклонения результата решения от «среднего» случая допустимы, и выбирает размеры, оптимальные с этой точки зрения.

Пессимистическая позиция:

$$\max_i e_{i\cdot} = \max_i \left(\min_j e_{ij} \right) \quad (4.6)$$

Конструктор исходит из того, что надо ориентироваться на наименее благоприятный случай и приписывает каждому из альтернативных вариантов наихудший из возможных результатов. После этого он выбирает самый выгодный вариант, то есть ожидает наилучшего

результата в наихудшем случае. Для каждого иного внешнего состояния результат может быть только равным этому или лучшим.

Позиция относительного пессимизма:

$$\min_i e_{i^*} = \min_i \max_j \left(\max_l e_{ij} - e_{ij} \right) \quad (4.7)$$

Для каждого варианта решения конструктор оценивает потери в результате по сравнению с определенным по каждому варианту наилучшим результатом, а затем из совокупности наихудших результатов выбирает наилучший согласно представленной оценочной функции.

Ряд таких оценочных функций можно было бы продолжить. Некоторые из них получили широкое распространение. Так, если условия функционирования заранее не известны, ориентируются обычно на наименее благоприятную ситуацию. Это соответствует оценочной функции (4.6). Нередко используются также функции (4.6) и (4.7).

В табл. 4.3 показан пример выбора сечения A кабеля при неизвестной токовой нагрузке S с использованием всех четырех вышеназванных оценочных функций.

Таблица 4.3. Влияние вида оценочных функций на выбор размеров кабеля

Уравнение Оценочная функция Результат

$$(4.6) \quad \max_i \min_j e_{ij} \quad A = kS_{\max}$$

$$(4.5) \quad \max_i \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e_{ij} \quad A = k \sqrt{\frac{1}{3} (S_{\max}^2 + S_{\max} S_{\min} + S_{\min}^2)}$$

$$(4.7) \quad \min_i \left(\max_j e_{ij} - e_{ij} \right) \quad A = k \sqrt{S_{\max} S_{\min}}$$

$$(4.4) \quad \min_i \max_j e_{ij} \quad A = k S_{\min}$$

Константа k здесь одна и та же для всех четырех случаев. Отметим, что результаты зависят только от S_{\max} и S_{\min} , т. е. от максимальной и минимальной токовых нагрузок.

Приведенные результаты существенно различаются. Они упорядочены таким образом, что влияние минимальной токовой нагрузки S_{\min} нарастает от строки к строке, т. е. получающиеся сечения становятся все меньше и меньше. Решение при этом становится все более оптимистичным. При этом выбор критерия определяется исключительно позицией конструктора. Поясним эти положения.

Влияние исходной позиции конструктора на эффективность результата решения можно интерпретировать, исходя из наглядных представлений. Простейшим здесь является графическое изображение на плоскости, для чего мы временно ограничимся случаем с двумя ($n=2$) внешними состояниями при m вариантах решения. Полезно, разумеется, чтобы мы уяснили для себя и, руководствуясь дальнейшими построениями, рассмотрели самостоятельно, как обобщается изложенное на случай большего, чем два, числа состояний, особенно на случай $n=3$, графически труднее представимый, но хорошо интерпретируемый в пространстве.

Введем теперь прямоугольную систему координат, откладывая по оси абсцисс значения результата решения e_{i1} , соответствующие внешнему состоянию F_1 а по оси ординат – значения e_{i2} , соответствующие состоянию F_2 , $i=1, \dots, m$. В этом случае каждый вариант решения E_i , соответствует точке (e_{i1}, e_{i2}) , $i=1, \dots, m$, на плоскости. Точку с

координатами $\left(\max_i e_{i1}, \max_i e_{i2} \right)$

мы назовем утопической точкой (УТ). Смысл этого названия в том, что координаты всех точек $(e_{i1}, e_{i2}), i = 1, \dots, m$, соответствующих вариантам решений E_1, \dots, E_m не могут быть больше, чем у точки УТ, и что УТ встречается среди этих m точек только в том редком, идеальном случае, когда существует вариант решения, дающий максимальный результат для каждого из (двух) возможных внешних состояний. Аналогичное значение имеет и так называемая антиутопическая точка

(АУТ), имеющая координаты $(\min_i e_{i1}, \min_i e_{i2})$ координаты всех точек $(e_{i1}, e_{i2}), i = 1, \dots, m$, соответствующих вариантам решений E_1, \dots, E_m , не могут быть меньше, чем у точки АУТ. Отсюда следует, что все m точек $(e_{i1}, e_{i2}), i = 1, \dots, m$ лежат внутри прямоугольника, стороны которого параллельны координатным осям, а противоположные вершины – точки УТ и АУТ; мы называем этот прямоугольник *полем полезности решений* (рис. 4.1). Теперь, чтобы сравнить варианты решений с точки зрения их качества, назовем вариант E_i не худшим, чем вариант E_j , если для соответствующих точек (e_{i1}, e_{i2}) , и (e_{j1}, e_{j2}) выполняются неравенства $e_{i1} \geq e_{j1}$ и $e_{i2} \geq e_{j2}$. Причем E_i считается лучшим, чем E_j , если хотя бы одно из этих двух неравенств является строгим.

Очевидно, что при таком определении не любые два варианта решений допускают сравнение в том смысле, что один из них оказывается лучше другого. (Может случиться, что для точек

(e_{i1}, e_{i2}) , и (e_{j1}, e_{j2}) , соответствующих вариантам E_i и E_j выполняются, например, неравенства $e_{i1} > e_{j1}$ и $e_{i2} < e_{j2}$). На математическом языке это означает, что на множестве вариантов решений установлено так называемое отношение *частичного порядка*. Это отношение частичного порядка обладает рядом свойств, хорошо усматриваемых на рис. 4.1. Выберем в поле полезности произвольную точку, которую будем называть рассматриваемой (РТ). С помощью прямых, параллельных координатным осям, разобьем плоскость на четыре части и обозначим их I, II, III и IV. В рассматриваемом нами двумерном случае каждая из этих частей имеет вид (бесконечного) прямоугольника; в случае произвольной размерности они превращаются в так называемые *конусы*.

Рассматривая положение точек поля полезности относительно этих четырех конусов, можно в общем случае сказать следующее. Все точки из конуса I в смысле введенного выше частичного порядка лучше, чем рассматриваемая точка РТ. Поэтому мы называем конус I *конусом предпочтения*. Соответственно все точки из конуса III хуже точки РТ, и мы будем называть область III *антиконусом*. Таким образом, оценка качества точек из этих двух конусов в сравнении с точкой РТ проста и однозначна. Оценка же точек в отмеченных штриховкой конусах II и IV является неопределенной, вследствие чего их называют *областями неопределенности*. Для этих точек оценка получается только с помощью выбранного критерия принятия решения. В случае m вариантов решений E_1, \dots, E_m и n внешних состояний F_1, \dots, F_n критерий принятия решения можно представить в виде

$$\max_{i=1, \dots, m} K(e_{i1}, \dots, e_{in})$$

или

$$\min_{i=1, \dots, m} K(e_{i1}, \dots, e_{in})$$

Функция n переменных K характеризует соответствующий критерий и задает одновременно оценочную функцию. Для анализа критерия рассмотрим, полагая $e_{i1}=x_1, e_{i2}=x_2, \dots, e_{in}=x_n$, функцию K на всем n -мерном пространстве R^n . Тогда каждому значению действительного параметра k посредством равенства

$$K(x_1, \dots, x_n) = k$$

ставится в соответствие некоторая гиперповерхность в пространстве R^n , называемая нами *поверхностью уровня*, соответствующей значению k . В двумерном случае, интересующем нас ввиду его наглядности, мы специально полагаем $e_{i1}=x_1=u$, и $e_{i2}=x_2=v$, отождествляя тем самым e_{i1} -ось с u -осью, а e_{i2} -ось с v -осью, и с помощью равенства

$$K(u, v) = k$$

Получаем в этом случае на плоскости (u, v) кривую, называемую *линией уровня*, соответствующей значению k . При фиксированном уровне k уравнение $K(u, v) = k$ определяет функциональную зависимость между переменными u и v , называемую *функцией предпочтения*; так же называют и соответствующую кривую на плоскости (u, v) .

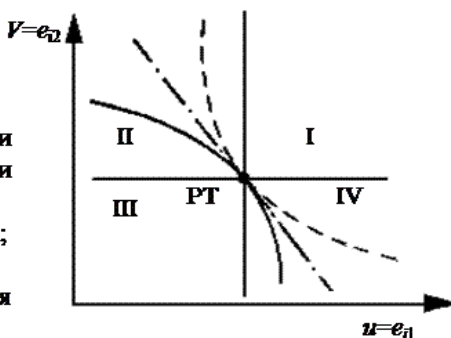
Рассмотрим, например, оценочную функцию (4.5). При $e_{i1} = u$ и $e_{i2} = v$ получаем для $m = 2$ семейство функций предпочтения, зависящих от параметра k :

$$(u+v)/n = k.$$

При графическом изображении это выражение дает прямые, параллельные биссектрисе второго и четвертого квадрантов плоскости (u, v) . Поскольку рассматриваемому критерию, в соответствии с которым путем оптимального выбора решения максимизируется среднее значение всех возможных результатов, отвечает нейтральная в известном смысле позиция принимающего решение, мы приписываем название «нейтральной» и соответствующей функции предпочтения (рис. 4.2). Выберем теперь на какой-либо линии уровня этого критерия произвольную точку РТ и проведем через нее «осевой крест», разбивающий плоскость на описанные выше четыре квадранта – конус предпочтения, антиконус и конусы неопределенности.

Рис. 4.2. Функции предпочтения при принятии решений.

- оптимистическая;
- • — • — нейтральная;
- пессимистическая



Все точки из областей неопределенности, лежащие справа и выше этой линии уровня, в смысле нашего критерия лучше точек, лежащих слева и ниже. Сказанное справедливо и для функций предпочтения любого другого критерия. Всякая функция (кривая) предпочтения объединяет все точки фиксированного уровня; справа и выше ее располагаются все

лучшие точки, то есть точки более высокого уровня, а слева и ниже – худшие, то есть точки более низкого уровня. Если на основе какого-либо критерия получается кривая предпочтения типа штриховой (рис. 4.2), то мы называем такую кривую вогнутой, подразумевая под этим, что в соответствующих ей областях неопределенности имеется меньшее число лучших точек, чем при нейтральном критерии (4.5). Отметим, что такая вогнутая кривая предпочтения характеризует пессимистическую исходную позицию. Кривые предпочтения типа сплошной на рис. 4.2 соответствуют оптимистическому подходу, поскольку на этот раз в сравнении с нейтральным критерием больше точек из областей неопределенности принадлежит к числу лучших; мы называем такие кривые выпуклыми. Предельный случай пессимистического подхода образуют, очевидно, граничные прямые квадранта I, а оптимистического – граничные прямые квадранта III, и чем ближе подходит кривая предпочтения к этим граничным прямым, тем в большей степени соответствующий критерий представляет пессимистическую или, соответственно, оптимистическую точку зрения. Если выбор оценочной функции отдается на усмотрение лица, принимающего решение, то, как показывают табл. 4.3 и рис. 4.2, приходится считаться с возможностью различных результатов для одного и того же решения. Таким образом, принятие решения не есть чисто рациональный процесс. Опасность возникает в тех случаях, когда оценочные функции выбираются интуитивно, иногда даже без выяснения исходной позиции принимающего решение.

Всякое техническое или экономическое решение в условиях неполной информации – сознательно или неосознанно – принимается в соответствии с какой-либо оценочной функцией описанного выше типа. Как только это бывает признано явно, следствия соответствующих решений становятся лучше обозримыми, что позволяет улучшить их качество. При этом выбор оценочных функций всегда должен осуществляться с учетом количественных характеристик ситуации, в которой принимаются решения.

Таблица 4.4.

(m'2)-матрица решений



E_1	$E_{11} E_{12}$
E_2	$E_{21} E_{22}$
E_3	$E_{31} E_{32}$
...
E_i	$e_{i1} e_{i2}$
...
E_m	$e_{m1} e_{m2}$

3. Классификация знаний

3.1. Проблема построения классификации знаний

Классификация знаний представляет собой исключительно сложную проблему, которая еще не разрешена в науке. Причин несколько. Наиболее существенная из них заключается в том, что конкретных разновидностей знаний столь много, что создается ощущение их полного совпадения со всеми типами имеющихся объектов. Другая причина состоит в абстрактности понимания самого знания. Сказывается также и то обстоятельство, что до сих пор не выработаны общие параметры, характеризующие знание.

Заметим, что с развитием различных наук и практики обостряется необходимость разработки сущностной классификации знаний. Важнейшее требование к научной классификации знаний — обоснованность ее оснований, которые должны получить концептуальное обоснование. Сама классификация как некоторая умозрительная система должна удовлетворять требованиям достаточности оснований и охвата совокупности имеющихся и возможных знаний. Таким образом, лучшая классификация, подобно периодической системы элементов Д. И. Менделеева, должна помочь предсказать появление или открытие принципиально новых знаний.

Самое важное назначение классификации — описание свойств ее классов и подклассов, видов и подвидов знаний, что позволяет использовать ее для идентификации конкретных систем, с которыми сталкиваются люди в тех или иных областях деятельности.

В основу любой классификации должна быть положена концепция, объясняющая классифицируемые явления. Классификация

представляет собой многоступенчатое, разветвленное деление логического объема понятия. В результате создается система соподчиненных понятий: делимое понятие — род, новые понятия — виды, виды видов (подвиды) и т.д. Концептуальный подход к классификации делает ее сущностной (рис.1).

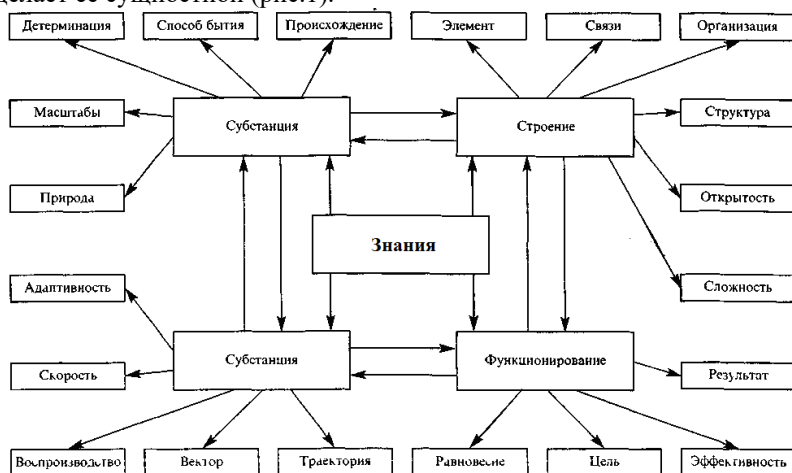


Рис. 1. Интерпретация основных составляющих системы

Для построения сущностной классификации систем к ним, как это не покажется тавтологично, нужно подходить с системных позиций. По нашему мнению, любое знание характеризуется четырьмя основными параметрами: *субстанцией, строением, функционированием и развитием.*

При этом под субстанцией понимается сущностное свойство предмета как целостности, основание и центр всех его изменений, активную их причину и источник функционирования. Под строением знания подразумевается наличие в знании элементов, связей и организации. Функционирование рассматривается как процесс реализации знанием своих функций, а развитие — как процесс качественных изменений знания. Тогда **знание** — это *структурно-функциональная развивающаяся субстанциональная целостность.*

Каждая из четырех составляющих сущностной характеристики знания может быть представлена совокупностями основополагающих параметров, соответствующих их природе. Так, субстанция может быть представлена природой знаний, их сложностью, масштабами, детерминацией, происхождением и способом бытия. Для строения свойственны элементы, связи, организация, структура и сложность.

Функционирование выражается равновесием, целью, результатом и эффективностью. Развитие характеризуется адаптивностью, скоростью, воспроизводством, вектором и траекторией.

3.2. Типы классификаций знаний

Знания являются предметом изучения по меньшей мере четырёх наук - философии, педагогики, психологии и социологии. А также ряда прикладных наук. Самое короткое определение знаний даётся в философском словаре. Это результат процесса познавательной деятельности. Чуть полнее знания определены в другом философском словаре, где под этим подразумевается только тот результат познания, который обладает непреходящей *истинностью*, может быть логически или фактически обоснованным и допускает эмпирическую или практическую проверку. В системе образования обучают только таким знаниям.

Четыре типа знаний

В организации педагогической работы полезно выделить четыре типа знаний:

- *предлагаемые* знания;
- *приобретаемые* знания;
- *проверяемые* знания
- *нормативные* знания.

Для повышения объективности контроля знаний нормативные знания требуется дифференцировать по уровням, срокам и этапам изучения. Соответственно, возникают, например, такие педагогические понятия, как *текущие* и *итоговые* знания.

Рассмотрим эти типы подробнее.

Предлагаемые знания даются учащимся в форме учебных пособий, материалов, текстов, лекций, рассказов и т.п., отражающих основную часть образовательной программы. Эти знания формулируются, кроме того, в системе заданий, по которым сами учащиеся могут проверить степень усвоения таких знаний.

Приобретаемые учащимися знания являются обычно результатом образовательной деятельности школ, вузов и других образовательных организаций, а также результатом собственной учебной деятельности.

В традиционном образовании объём предлагаемых знаний обычно бывает больше объёма приобретаемых знаний. С развитием новых образовательных технологий и компьютерного обучения появились принципиально новые условия для превышения объёма приобретаемых знаний над объёмом предлагаемых знаний. Это принципиально новая образовательная ситуация, связана с возможностями массового погружения учащихся и студентов в мировое образовательное пространство. В этой связи постепенно стала осознаваться ведущая роль новых технологичных, квантованных учебных текстов и новых технологичных учебных заданий, способствующих индивидуальным процессам приобретения знаний. В психологии это называлось процессом фасилитации (способствования), а сам учитель становился фасилитатором.

Решение учебных заданий является главным стимулом и средством для активизации собственной учебной деятельности учащихся. Эту деятельность можно кратко назвать изучением, которое может протекать в формах работы с учителем, группе по методике А.Г. Ривина или самостоятельно.

Распространенные в литературе рассуждения об *уровнях усвоения* относятся исключительно к приобретаемым знаниям.

Проверяемые знания образуют основное содержание того документа, который может называться программой экзамена или тестирования, в зависимости от избираемой формы контроля знаний. Главными внешними организационными признаками проверяемых знаний является их обязательность и принудительность, что по логике здравого смысла должно было бы мотивировать испытуемых к активному изучению обязательных для усвоения учебных материалов. Но всегда остаётся некоторая часть слабо подготовленных таких

обучающихся, у которых эти два признака вызывают отрицательные эмоции, а нередко и стресс. Для таких учащихся в США много лет применялись тесты с минимальным содержанием изучаемых курсов. В российской высшей школе минимально проверяемое содержание курса нередко отождествляется с такой формой, как зачёт.

В нормальном процессе тестирования у абитуриентов вузов обычно проверяются только такие знания, которые находятся в оперативной памяти - те, что не требует обращения к справочникам, словарям, картам, таблицам, калькуляторам и т.п. Типичный пример из практики проверки знаний абитуриентов технических вузов – требование держать в оперативной памяти значения тригонометрических функций для значений аргументов, от нуля до 2π . Для ординарных выпускников, не собирающихся поступать в вузы, такого рода предположение может оказаться нереалистичным, а потому разрушительным для создаваемого метода проверки знаний. Проверка тех и других одним (единым) тестом заметно снижает качество результатов тестирования.

В числе проверяемых знаний можно выделить также и *нормативные* знания, которые подлежат обязательному усвоению учащимися и последующему контролю посредством экспертно подобранной системы заданий, задач и других контрольных научно обоснованных форм и методов.

Связь классификации знаний с образовательными стандартами

Высказанные здесь суждения становятся полезными при рассмотрении целей и сути государственных образовательных стандартов. Последние обычно формулируются скорее абстрактно, чем конкретно. Здесь схлестнулись два подхода – абстрактный и конкретный. Для целей педагогических измерений проще проверить конкретные знания.

В основе критики можно усмотреть два ведущих мотива.

Первый – уменьшить притязания Минобрнауки на тотальный контроль уровня и структуры подготовленности знаний, к чему реально не подготовлены ни работники Минобрнауки, ни Рособрнадзора, ни учителя, ни школьники. Этот недостаток российского образования сейчас исправляют репетиторы, востребованность в которых возросла сверх всякой разумной меры. Это системная государственная проблема, которой Минобрнауки фактически не занимается.

Второй мотив – острая конкуренция издателей за подготовку и продажу новых, дорогостоящих учебников, для подготовки по обновляемым стандартам. Издатели постоянно обещают улучшить качество выпускаемых учебников, но брак существенно заметный. Например, в 2018 году после *дополнительной* экспертизы учебников из федерального перечня, проведенной Российской академией образования (РАО), результат таков: Из 1117 заключений только 781 — положительные.

За рубежом стандарты нередко понимаются как требования к уровню подготовленности выпускников, т.е. требования к проверяемым знаниям. Ведомственное же, в России, истолкование стандартов сводилась, до недавнего времени, как к требованиям к предлагаемым знаниям, или иначе, требованиям к содержанию учебных программ и учебников.

Без чёткой дифференциации этих двух истолкований стандартов и методов измерения знаний министерские стандарты легко превращаются в дубинку. Хорошим средством профилактики многочисленных случаев некорректного применения стандартов и методов педагогических измерений является положительные примеры ряда развитых стран, где контрольные функции уже давно переданы от государственных органов управления образованием общественно-профессиональным органам проверки качества образования. В России об этом много и давно говорят, но реальному движению в этом направлении мешает сложившийся подход. Министерство хочет само учить и само проверять результаты своей же работы неметрическими и нетехнологичными т.н. «процедурами» Рособнадзора. Результаты таких проверок некачественные и необъективные.

Классификация видов и уровней знаний

К двум опубликованным в мировой литературе *психологическим* классификациям знаний и способностей, подготовленным R.M. Gagne, а также коллективом под руководством B.S. Bloom et al., мы добавляем свою, *педагогическую* классификацию видов и уровней знаний, сформулированную для решения практических задач *педагогического* измерения и обучения. Из приведённых примеров истолкования видов знаний легко понять принципиальные различия третьей классификации от первых двух.

1. *Знание названий, имён.*

Сократу принадлежат слова: кто постигает имена, тот постигнет и то, чему принадлежат эти имена. Как отмечал известный философ Дж. Остин, знание предмета или явления во многом определяется тем, знаем ли мы его название, точнее - его правильное название.

1. *Знание смысла названий и имён.*

Давно известно, как понимаем, так и действуем. Понимание смысла названий и имён помогает их запоминанию и правильному употреблению. Например, при имени "Байкал" некоторые из младших школьников могут думать не о знаменитом озере, а о фруктовой воде, продаваемой под тем же названием. Другой пример можно взять из области политического сознания. Как справедливо отмечали в своей книге Ю.Н. Афанасьев, А.С. Строганов и С.Г. Шеховцев, сознание бывших советских людей оказалось неспособными видеть различные смыслы таких абстракций языка, как "свобода", "власть", "демократия", "государство", "народ", "общество", считая их как бы ясными по умолчанию. Что и стало одной из причин, позволившей при активном соучастии этих же людей уничтожить систему их собственного жизнеобеспечения.

1. *Фактуальные знания.* Знание фактов позволяет не повторять ошибки, свои и чужие, обогатить доказательную основу знаний. Фактуальные знания нередко фиксируются в виде научных текстов, результатов наблюдений, рекомендаций типа техники безопасности, житейской мудрости, поговорок, изречений. Например, из Древнего Китая пришло изречение китайского мыслителя Джу Си: не варите песок в надежде получить кашу.
2. *Знание определений.* Это самое слабое место в школьном образовании, потому что определениям нельзя научить; их можно понять и усвоить как результат самостоятельных усилий по овладению требуемыми понятиями. Знание системы определений, вместе с элементами теории изучаемой учебной дисциплины - аксиомы, принципы, законы, формулы, правила, способностями обосновать основные положения изучаемой науки, является важным свидетельством фактического наличия у испытуемых теоретического мышления и теоретической подготовленности.

Например, в начальной школе арифметику большинство учителей обучают преимущественно с позиций обязательного формирования у детей практических навыков счёта и правильного выполнения арифметических операций. Однако теоретическая основа этих операций (аксиомы, теоремы и определения теории чисел), по причине фактической неготовности сознания детей младшего школьного возраста к освоению одного из самых трудных разделов курса школьной математики, остаётся фактически неизученной. В итоге, по причине такого рода объективного положения дел большинство учащихся оказываются, в средней школе, не готовыми к усвоению понятий, аксиом, сравнительно абстрактных знаний основ алгебры, геометрии, тригонометрии и стереометрии. Не случайно этот недостаток в подготовке мало проверяется и на нынешних экзаменах.

В учебном процессе все четыре рассмотренных вида знаний можно объединить в группу репродуктивных знаний. Как отмечал И.Я. Лернер, за годы школьного обучения учащиеся выполняют свыше 10 тыс. заданий. Учитель вынужден организовать репродуктивную деятельность, без которой содержание изначально не усваивается. Это знания, не требующие при усвоении заметной трансформации, и потому они воспроизводятся в той же форме, в какой воспринимались. Их можно, с некоторой условностью, назвать знаниями первого уровня.

1. *Сравнительные, сопоставительные знания.* Они широко распространены в практике и в науке, присущи преимущественно интеллектуально развитым лицам, особенно специалистам. Они способны анализировать и выбирать лучшие варианты действий при достижении той или иной цели. Как отмечал Н. Кузанский, "все исследователи судят о неизвестном путем соизмеряющего сравнения с чем-то уже знакомым, так что все исследуется в сравнении".
2. *Знание противоположностей, противоречий, антонимов и т.п. объектов.* Такие знания ценны в обучении, особенно на самом начальном этапе. В некоторых сферах такие знания являются главными. Например, в школьном курсе безопасности жизнедеятельности надо точно знать - что можно делать, а чего нельзя делать, ни при каких обстоятельствах.
3. *Ассоциативные знания.* Они свойственны интеллектуально развитому и творческому человеку. Чем богаче ассоциации, тем больше условий и выше вероятность для проявления творчества. В значительной мере именно на богатстве

- ассоциаций построена языковая культура личности подлинного учёного, писательский труд, работа художника, конструктора и работников других творческих профессий.
4. *Классификационные знания.* Применяются главным образом в науке; примеры - классификации Линнея, периодическая система элементов Д. И. Менделеева, классификации тестов и т.п. Классификационные знания являются обобщенными, системными знаниями. Этот вид знаний присущ только лицам с достаточным интеллектуальным развитием, так как требует развитого абстрактного мышления, целостного и взаимосвязанного видения совокупности явлений и процессов. Систему знаний прежде всего формирует система эффективных определений основных понятий изучаемых наук. Знания п.п. 5-8 можно отнести ко второму уровню. Такие знания позволяют учащимся решать типовые задания как результат подведения каждого конкретного задания под известные классы изучаемых явлений и методов.
 5. *Причинные знания, знания причинно-следственных отношений, знание оснований.* Как писал В. Шекспир, пора необъяснимого прошла, всему приходится подыскивать причины. В современной науке причинный анализ является основным направлением исследований. Как отмечал Л. Витгенштейн, говорят "я знаю" тогда, когда готовы привести неоспоримые основания.
 1. *Процессуальные, алгоритмические, процедурные знания.* Они являются основными в практической деятельности. Овладение этими знаниями является существенным признаком профессиональной подготовленности и культуры. В эту же группу можно отнести технологические знания, позволяющие с гарантированной вероятностью получать запланированный результат.
 2. *Технологические знания.* Эти знания представляют собой особый вид знаний, проявляющихся на разных уровнях подготовленности. Это может быть сравнительно простое знание об отдельной операции технологической цепочки, или комплекса знаний, позволяющих достигать поставленных целей с минимально возможными затратами. Знания п.п. 9-11 можно отнести к знаниям более высокого, третьего уровня. Они приобретаются, главным образом, в системе среднего и высшего профессионального образования.

К высшему, четвертому уровню знаний можно отнести следующие виды знаний:

1. *Вероятностные знания.* Такие знания нужны в случаях неопределенности, нехватки имеющихся знаний, неточности имеющейся информации, а также при необходимости минимизировать риск ошибки в процессе принятия решений. Это знания о закономерностях распределения данных, достоверности различий, о степени обоснованности гипотез.
2. *Абстрактные знания.* Эти особый вид знаний, при котором оперируют идеализованными понятиями и объектами, не существующими в реальности. Много таких объектов в геометрии, естествознании, и в тех общественных науках, которые на Западе иногда называют поведенческими - это психология, социология, педагогика. Вероятностные, абстрактные и специальные научные знания в каждой отдельной дисциплине знания составляют основу теоретических знаний. Это уровень теоретических знаний.
3. *Методологические знания.* Это знания о методах преобразования действительности и научные знания о построении эффективной деятельности. Это знания самого высокого, пятого уровня.

Каждый из перечисленных видов знаний выражается соответствующей формой тестовых заданий.

3.3. Классификация знаний в области программирования

Программирование — это полноценная область знаний, которая требует в том числе и инженерной подготовки. Точно так же, как строительство или телекоммуникации. Да, построить дом (особняк) можно своими руками и без образования. А поднять большинство сайтов можно прочитав пару книг по PHP и HTML. Но многоэтажку без специальной подготовки не построишь, как и Гугл не напишешь, не зная основ.

Возможности для самообразования в компьютерных науках сейчас огромны. Единственное, чего не хватает, — это системности подготовки. Как разобраться, что и в какой последовательности изучать? Нам кажется, что этот материал поможет разложить по полочкам области знаний в компьютерных науках и составить для себя программу изучения по книгам.

Что нужно выучить, чтобы стать программистом? Нормально ответить на него довольно сложно. Т.е. для начала нужно выяснить, каким программистом нужно стать. Да и вообще, программистом ли? Кроме того, на рынке востребованы как высококвалифицированные дорогие специалисты, так и “рабочая сила”. Пакет знаний и опыта первых и вторых отличается в значительной степени.

Но, не смотря на такую расплывчатость вопроса, дать ответ на него все же можно. Можно описать примерный максимум знаний, которые так или иначе относятся к программированию. Собственно, этот максимум обычно и стремятся преподавать в ВУЗах на специальностях, в названии которых фигурирует слово “программист”.

Знания полученные в университет позволяют разложить по полочкам понимание и взаимосвязь дисциплин, относящиеся к компьютерным наукам. Пусть знания, которые там давали, были недалекими и немного устаревшими, но системный подход у них был сформирован неплохой.

Знать все невозможно. Да и не нужно. Кроме того, какие-то вопросы нужно знать глубоко, а в других достаточно поверхностного обзорного понимания. По-этому в зависимости от специализации некоторые дисциплины более актуальны, некоторые менее. Но общие базовые знания необходимы почти по всем из них для любого **инженера-программиста**, от системщика до веб-разработчика.

Выше мы ввели термин “инженер-программист”. Как-то получается так, что программист — это не обязательно инженер. Даже из определения Википедии следует, что инженер — это в первую очередь проектировщик. Это тот, кто создает, т.е. проектирует системы. А в практике программирования проектирование нужно не всегда. Иногда достаточно кодирования: используя данный набор технологий, слепить что-то работающее. Типичный пример — стадо корпоративных или маркетинговых сайтов на джумлах, ворпрессах, друпалах и т.д. Это уровень техника, не инженера. Это уровень среднего образования. И работать техником можно даже после окончания курсов какого-либо

языка программирования, крепкая теоретическая база там не нужна.

И, возвращаясь к инженерам-программистам, мы предложим граф дисциплин, которые изучают программисты. Очевидно, что одни дисциплины активно используют знания других, либо вовсе вырастают из других. Соответственно для полного понимания “верхнего” предмета, необходим какой-то уровень понимания нижнего.

Граф состоит из предметов (дисциплин) и разбит на уровни. Самый нижний — *Общая база* — вообще отношения к компьютерным наукам не имеет. Он приведен только для того, чтобы показать, на чем базируются дисциплины компьютерных наук.

Между дисциплинами существуют 2 вида связей: использование (обычная стрелка) и расширение (контур стрелки). Использование подразумевает необходимость фрагментарных знаний другого предмета, а расширение — необходимость как минимум обзорных, но полных знаний расширяемой дисциплины.

Первый уровень из CS (computer science) — *Специальная база*. Это стартовая площадка для любого программиста по четырем фронтам:

1. *арифметические основы ЭВМ* (системы счисления и операции с числами, логические операции);
2. *физические основы ЭВМ* (полупроводники, транзисторы, логические элементы, схемы, интегральные микросхемы);
3. *теория алгоритмов* (алгоритмы и структуры данных; сложность, эффективность; способы представления информации в памяти);
4. *языки программирования* (задача и понятие ЯП, уровни, типы языков, абстракция, уровни абстракции, трансляция/компиляция, шаблоны, принципы, парадигмы — обзор).

Специальная база предлагает фундаментальные теоретические знания, на которых строятся дисциплины более высоких уровней. Для среднего программиста необходимы обзорные знания по всем предметам специальной базы. Для некоторых специализаций требуется углубленное понимание теории алгоритмов (прежде всего — разработчикам разного рода библиотек).

Уровнем выше располагаются дисциплины, которые являются базовыми именно в программировании. По-этому мы назвали этот уровень **Основы**. В него входят:

1. *архитектура ЭВМ* (процессоры, микроархитектура, память, шины, ввод/вывод);
2. *обработка информации* (теория информации, статистика, модели, поиск данных, лингвистические аспекты, обработка информации средствами табличных процессоров);
3. *основы C/C++* (базовые свойства языка, синтаксис, указатели, ввод/вывод, массивы, основы STL).

Следом за Основами идет **Уровень 1**. Это первый прикладной уровень, и особо нетерпеливые могут начать коммерческую практику, овладев этим уровнем. Он включает 5 дисциплин:

1. *основы ASM* (развитие архитектуры ЭВМ в направлении программирования, написание простейших драйверов и алгоритмов, ассемблерные вставки в C/C++);
2. *C/C++* (ООП, разработка прикладных приложений, библиотеки, WinAPI, make utils, параллельное программирование).
3. *операционные системы* (архитектура ОС, процессы, межпроцессное взаимодействие, потоки, планирование, работы с памятью и периферией, POSIX-системы);
4. *системный анализ* (предметная область, бизнес-процессы, потоки, диаграммы, принципы и теория системного анализа);
5. *базы данных* (теория множеств, виды СУБД, реляционные СУБД, модели данных, SQL, конкретные БД).

Следующий уровень — **Уровень 2** — развивает предыдущий. Компьютерные сети попали в него только по той причине, что для их изучения желательно (но не обязательно) предварительно освоить операционные системы. По развитости этот предмет ближе все-таки к первому уровню.

Уровень 2 включает:

1. *разработку ПО* (жизненный цикл ПО, этапы разработки, основы ведения программных проектов, инструменты);
2. *анализ данных* (Data Mining, OLAP, машинное обучение, нейронные сети, ИИ);
3. *компьютерные сети* (по уровням стеков TCP/IP и/или ISO/OSI “от и до”, протоколы, сетевое программирование на C/C++);
4. *языки программирования с управляемым кодом* (управляемый код, виртуальные машины, сборщики мусора, юнит-тестирование, собственно практика на C# или Java);

Уровень 3 — последний уровень для среднего программиста. Он самый объемный и включает только те дисциплины, которые непосредственно связаны с разработкой ПО. Всего их получилось 6:

1. *разработка UI и юзабилити* (принципы построения интерфейсов пользователя);
2. *управление командами и проектами* (методологии разработки и другие вопросы управления);
3. *тестирование ПО* (обзорно: виды тестирования, инструменты);
4. *веб-технологии* (HTTP-протокол, веб-сервер, CGI, кэширование и проксирование, клиентское программирование);
5. *распределенные системы* (архитектуры распределенных систем, протоколы сетевого взаимодействия компонентов, инструменты, принципы, подходы к построению распределенных систем, отказоустойчивость, большие данные, высокие нагрузки);
6. *интерпретируемые языки программирования* (особенности, основы по двум-трем языкам, практика по одному-двум языкам: JS, PHP, Python, Ruby).

Все, что идет выше, — расширенные **Экспертные знания**. Этот уровень можно расширять неограниченно, добавляя в него смежные с

разработкой дисциплины и наиболее сложные аспекты разработки ПО. Мы привели 3 примера — разработка компиляторов, разработка операционных систем и построение архитектур больших программно-аппаратных систем, либо архитектур, рассчитанных на особо высокие нагрузки. Зависимости к нижним уровням на графе не рисовано, т.к. получится слишком много стрелок, идущих через все уровни, вплоть до Общей базы. Наверное, широкие зависимости — это один из признаков вопросов экспертного характера. Здесь как раз подтверждается то, что экспертный уровень требует самых широких знаний и хорошего опыта.

Интересно в графе то, что он не только показывает предпочтительный порядок изучения предметов, но также:

1. дает возможность понять, какие дисциплины нужны больше, какие меньше для работы в определенной специализации (просто выбрать основной предмет специализации и смотреть по связям и удаленности до других);
2. дает понимание, как изучать компьютерные науки, если начинать не с фундаментальных основ, а с прикладных знаний (например, РНР) — можно двигаться по связям в стороны и вниз — собственно именно таким был мой личный путь развития (и мы никак не можем назвать его самым легким, эффективным и оптимальным).

Граф — это модель. А хорошая модель как правило дает ответы сразу на множество вопросов. Мы поставили перед собой задачу сделать хороший граф, близкий к реальности. Естественно, он не претендует на идеал. Мы старались сделать его наиболее объективным. И еще раз напоминаем, что это граф для программиста. Т.е. для тестировщика, сисадмина и других близких к программированию профессий он будет более или менее близким, но явно другим.



4. Формы научного знания

4.1. Наука как особая форма знания



Имея многочисленные определения, наука выступает в трех основных ипостасях. Она понимается либо как **форма деятельности**, либо как **система или совокупность дисциплинарных знаний**, или же как **социальный институт**.

В данном триединстве, как целостная система знаний, своеобразный духовный феномен (форма познавательной деятельности) и социальный институт, она возникла в Новое время, **XVI-XVII вв.**, в эпоху становления капиталистического способа производства.

4.1.1. Наука как форма деятельности

Наука как познавательная деятельность — это целенаправленная активность. Специфика научной деятельности заключается в том, что это когнитивная, т.е. познавательная деятельность. Целью данной деятельности является получение нового научного знания. Чаще всего считается, что целью науки являются истинные знания, т.е. такие знания содержание, которых соответствует действительности.

Наука - это форма духовной деятельности людей, направленная на производство знаний о природе, обществе, человеке и самом познании, имеющая непосредственной целью постижение истины и открытие объективных законов.

4.1.2. Наука как форма знания

Наука - это не только творческая деятельность по получению нового знания и результат этой деятельности: совокупность знаний, приведенных в целостную систему на основе определенных принципов.

Классический образ науки связан с естествознанием. Долгое время этот образ науки считался единственно возможным и абсолютным. Однако во второй половине XIX века начинает быстро развиваться гуманитарное и социальное знание, которое по своему содержанию (предмету, методу, формам существования) конфликтует с классическим образом науки. На рубеже XIX–XX вв. в философии появляется проблема обоснования нового типа знания, которое объединено названием «науки о духе».

Наука как особый род знания обладает целым рядом характеристик.

- Главная особенность научного знания – **рациональность, логическая непротиворечивость**. В науке новые сведения формулируются и выражаются в виде непротиворечивых принципов и законов.
- Другая особенность научного знания – **объективность**. Наука стремится постигать действительность как можно более полно и точно, по возможности исключая субъективистские моменты.
- Научное знание не ограничивается констатацией фактов, научное знание имеет **объяснительный характер**. Научное знание, в отличие от обыденного, художественного, религиозного или мифологического, является знанием **доказательным**. Наука стремится к обоснованию своих положений. Это, однако, не отменяет того факта, что в научном знании существуют гипотезы, недоказанные теоремы, парадоксы и т. п.
- Наука за единичным и случайным стремится обнаружить общее и необходимое. **Цель науки – открытие закономерностей и общих принципов**.
- Особая задача науки – предсказание неизвестных явлений и фактов или определение тенденций развития уже известных. **Предсказательная сила** или **эвристичность** научных теорий – один из важнейших критериев, по которому оценивается новое знание в науке. Особенностью научного знания является также его **системная организованность**. Все данные науки упорядочены в теории и концепции, которые в свою очередь согласуются друг с другом.

Отражая мир в его материальности, наука образует единую, взаимосвязанную, развивающуюся систему знаний о его законах. Вместе с тем она разделяется на **множество отраслей знания** (частных наук), которые различаются между собой тем, какую сторону действительности, форму движения материи они изучают.

По предмету и методу познания можно выделить:

- науки о природе - естествознание;
- обществе - обществознание (гуманитарные, социальные науки);
- познании и мышлении - логика, гносеология, диалектика;
- технические науки;

- математика.

Каждая группа наук может быть подвергнута более дробному членению.

По "удаленности" от практики науки можно разделить на два крупных типа:

1. **фундаментальные**, где нет прямой ориентации на практику,
2. **прикладные**, где присутствует непосредственная ориентация на применение результатов научного познания для решения производственных и социально-практических проблем.

Вместе с тем границы между отдельными науками и научными дисциплинами условны и подвижны.

4.1.3. Наука как социальный институт

Как и другие формы познания (мифология, религия), наука есть социально-историческая деятельность, а не только "чистое знание". Она выполняет определенные функции как своеобразная форма общественного сознания.

Наука как социальный институт возникла в Западной Европе в XVII века в связи с необходимостью обслуживать нарождающееся капиталистическое производство и стала претендовать на определенную автономию.

В системе общественного разделения труда наука в качестве социального института закрепила за собой специфические функции: нести ответственность за производство, экспертизу и внедрение научно-теоретического знания.

Как и любой другой социальный институт, наука включает в себя не только систему знаний и научную деятельность, но и систему отношений в науке, научные учреждения и организации, т.е. единство двух элементов:

1. *Организационно-оформленная структура*: академии наук, научные лаборатории, научные центры и т.д.;
2. *Система норм и правил поведения*, которые регулируют деятельность ученых.

Само же понятие «социальный

институт» стало входить в обиход благодаря исследованиям западных социологов. Родоначальником институционального подхода в науке считается Р. Мертон. Исследования Мертона раскрыли зависимость современной науки от потребностей развития техники, социально-политических структур и внутренних ценностей научного сообщества. Было показано, что современная научная практика осуществляется только в рамках науки, понимаемой как социальный институт. В связи с этим возможны ограничения исследовательской деятельности и свободы научного поиска.

Р. Мертон сформулировал и обосновал **основные принципы научного этоса**. Этос — это набор норм, правил, действующих в данной среде. Р.Мертон выделил четыре императива, которые характеризуют этос научного сообщества:

- 1) Универсализм;
- 2) Коллективизм;
- 3) Бескорыстие;
- 4) Организованный скептицизм

- **Универсализм** подчеркивает неличный характер научного знания. Научные высказывания универсальны, справедливы везде, их истинность не зависит от того, кем они высказаны.
- **Коллективизм** предписывает ученому незамедлительно передавать результаты исследований всему научному сообществу. Научные открытия образуют общее достояние, являются собственностью всего научного сообщества и общества в целом, а не отдельных ученых и научных коллективов.
- **Бескорыстие** предписывает ученому строить научную деятельность так, как будто у него нет других интересов (кроме постижения истины). Главной целью деятельности ученых должно быть служение объективной истине, а не достижение личных выгод.

- **Организованный скептицизм** означает, что наука исключает возможность некритического принятия новых знаний. Истинный ученый по долгу своего звания обязан сомневаться. Организованный скептицизм создает атмосферу ответственности ученых за результаты своей научной деятельности.

Позднее к этим императивам было добавлено еще два:

- 5) рационализм и
- 6) эмоциональная нейтральность.

- **Рационализм** утверждает, что ученый должен стремиться не просто к истине, а к доказанному знанию.
- **Эмоциональная нейтральность** запрещает ученым использовать при решении научных проблем эмоции, личные симпатии и антипатии.

Научный этиос — это понимание науки с точки зрения должного характера взаимоотношений между учеными. реальное же (эмпирическое) поведение ученых, как показывает практика, существенно отклоняется от вышеуказанных норм научного этиоса.

Для современного институционального подхода характерен учет прикладных аспектов науки. Образ «чистой науки» уступает образу «науки, поставленной на службу производству». Институциональность предполагает формализацию всех типов отношений, создание организованных структур, предполагающих иерархию, властное регулирование и регламент.

4.2. Знание: его природа и типология



- Знание – это своеобразная социальная и индивидуальная память — способ сохранения и использования наследуемого и вновь создаваемого объема информации.
- Знание – это совокупность индивидуальных психических образов, наделенных смыслом, который мы можем выразить через язык.
- Знания – это определенные сведения, информация о мире, соответствующая реальности. Знание, адекватное реальности, является **истинным**, иначе – оно **ложно**.

Существует 2 вида знания: **научное** и **вненаучное**.

- Научное – осуществляет системный подход к знанию, науку интересует сущность вещей, наука дает объяснение явлений, осуществляется проверка практикой.
- Ненаучное: астрология, религия, мистика, обыденные знания и т.д.

Выделяют также **теоретическое** и **эмпирическое** знание.

- Теоретическое знание – знания, полученные теоретически.
- Эмпирические знания – это знания, полученные опытным путем.

4.2.1. Научное и ненаучное Знание: формы их взаимодействия

Познание не ограничено сферой науки, знание в той или иной своей форме существует и за пределами науки. Каждой форме общественного сознания: науке, философии, мифологии, политике, религии и т.д. - соответствуют специфические формы знания. Различают также **формы знания**, имеющие

- *понятийную,*
- *символическую* или
- *художественно-образную* основу.

В самом общем смысле научное познание - это процесс получения объективного, истинного знания. Научное познание имеет тройную задачу, связанную с

- *описанием,*
- *объяснением и*
- *предсказанием* процессов и явлений действительности.

Научные знания характеризуются

- *объективностью,*
- *универсальностью,*
- *претендуют на общезначимость.*

Когда разграничивают научное, основанное на рациональности, и вненаучное знание, то важно понять: вненаучное знание не является чьей-то выдумкой или фикцией. Оно производится в определенных интеллектуальных сообществах, в соответствии с другими (отличными от рационалистических) нормами, эталонами, имеет собственные источники и средства познания. Очевидно, что многие формы вненаучного знания старше знания, признаваемого в качестве научного, например, астрология старше астрономии, алхимия старше химии. В истории культуры многообразные формы вненаучного знания объединяются общим понятием - эзотеризм.

Выделяют следующие формы вненаучного знания:

1. **ненаучное**, понимаемое как разрозненное несистематическое знание, которое не формализуется и не описывается законами, находится в противоречии с существующей научной картиной мира;
2. **донаучное**, выступающее прототипом, предпосылочной базой научного;
3. **паранаучное** - несовместимое с имеющимся гносеологическим стандартом. Широкий класс паранаучного (пара- от греч. - около, при) знания включает в себя учения или размышления о феноменах, объяснение которых не является убедительным с точки зрения критериев научности;
4. **лженаучное** - сознательно эксплуатирующее домыслы и предрассудки, Лженаука - это ошибочное знание, часто

представляет науку как дело аутсайдеров. В качестве симптомов лженауки выделяют малограмотный пафос, принципиальную нетерпимость к опровергающим доводам, а также претенциозность. Лженаучные знания очень чувствительны к злобе дня, сенсации. Их особенностью является то, что они не могут быть объединены парадигмой, не могут обладать систематичностью, универсальностью;

5. **квазинаучное** знание ищет себе сторонников и приверженцев, опираясь на методы насилия и принуждения. Оно, как правило, расцветает в условиях жестко иерархизированной науки, где невозможна критика власть предержащих, где жестко проявлен идеологический режим. В истории нашей страны периоды "триумфа квазинауки" хорошо известны: лысенковщина, фиксизм как квазинаука в советской геологии 50-х гг., шельмование генетики, кибернетики и т.п.;
6. **антинаучное** - утопичное и сознательно искажающее представление о действительности. Приставка "анти" обращает внимание на то, что предмет и способы исследования противоположны науке. С ним связывают извечную потребность в обнаружении общего легкодоступного "лекарства от всех болезней". Особый интерес и тяга к антинауке возникают в периоды социальной нестабильности;
7. **псевдонаучное** знание представляет собой интеллектуальную активность, спекулирующую на совокупности популярных теорий, например, истории о древних астронавтах, о снежном человеке, о чудовище из озера Лох-Несс.

Еще на ранних этапах человеческой истории существовало **обыденно-практическое знание**, доставлявшее элементарные сведения о природе и окружающей действительности. Его основой был опыт повседневной жизни, имеющий, однако, разрозненный, несистематический характер, представляющий собой простой набор сведений. Иногда аксиомы здравого смысла противоречат научным положениям, препятствуют развитию науки, вживаются в человеческое сознание так крепко, что становятся предрассудками и сдерживающими прогресс преградами. Иногда, напротив, наука длинным и трудным путем доказательств и опровержений приходит к формулировке тех положений, которые давно утвердили себя в среде обыденного знания. Последнее включает в себя и здравый смысл, и приметы, и наиздания, и рецепты, и личный опыт, и традиции.

Обыденное знание, хотя и фиксирует истину, но делает это *несистематично* и *бездоказательно*. Его особенностью является то, что оно используется человеком практически неосознанно и в своем применении не требует каких бы то ни было предварительных систем доказательств.

Другая его особенность - принципиально *бесписьменный* характер. Те пословицы и поговорки, которыми располагает фольклор каждой этнической общности, лишь фиксируют его факт, но никак не прописывают теорию обыденного знания.

К исторически первым формам человеческого знания относят **игровое познание**, которое строится на основе условно принимаемых правил и целей. Оно носит обучающе-развивающий характер, выявляет качества и возможности человека, позволяет раздвинуть психологические границы общения.

Особую разновидность знания, являющегося достоянием отдельной личности, представляет **личностное знание**. Оно ставится в зависимость от способностей того или иного субъекта и от особенностей его интеллектуальной познавательной деятельности. Если **коллективное знание** общезначимо, надличностно, и предполагает наличие необходимой и общей для всех системы понятий, способов, приемов и правил его построения, то в личностном знании человек проявляет свою индивидуальность и творческие способности. Оно подчеркивает тот очевидный факт, что науку делают люди и что искусству или познавательной деятельности нельзя научиться по учебнику, оно достигается лишь в общении с мастером. Особую форму вненаучного и внерационального знания представляет собой так называемая **народная наука**, которая в настоящее время стала делом отдельных групп или отдельных субъектов: знахарей, целителей, экстрасенсов, а ранее являлась привилегией шаманов, жрецов, старейшин рода. В картине мира народной науки большое значение имеет круговорот могущественных стихий бытия. Считается, что народные науки обращены, с одной стороны, к самым элементарным, а с другой - к самым жизненно важным сферам человеческой деятельности, как-то: здоровье, земледелие, скотоводство, строительство.

Поскольку разномастная совокупность внерационального знания не поддается строгой и исчерпывающей классификации, можно столкнуться с выделением следующих трех видов познавательных феноменов:

- *паранормальное* знание,
- *псевдонаука* и
- *девиантная наука*.

Причем степень их "научности" возрастают по восходящей. То есть фиксируется некая эволюция от паранормального знания к разряду более уважаемой псевдонауки и от нее к девиантному знанию. Это косвенным образом свидетельствует о развитии вненаучного знания:

- 1) Широкий класс паранормального знания включает в себя учения о тайных природных и психических силах и отношениях, скрывающихся за обычными явлениями. Самыми яркими представителями этого типа знания считаются **мистика** и **спиритизм**. Паранормальность или внечувственное восприятие (или парачувствительность) предполагает возможность получать информацию или оказывать влияние, не прибегая к непосредственным физическим способам. Наука пока еще не может объяснить задействованные в данном случае механизмы, как не может и игнорировать подобные феномены. Различают *экстрасенсорное* восприятие (ЭСВ) и *психокинез*. ЭСВ разделяется на *телепатию* и *ясновидение*. Телепатия предполагает обмен информацией между двумя и более особями паранормальными способами. Ясновидение означает способность получать информацию по некоторому неодушевленному предмету (ткань, кошелек, фотография и т.п.). Психокинез - это способность воздействовать на внешние системы, находящиеся вне сферы нашей моторной деятельности, перемещать предметы нефизическим способом.
- 2) Для псевдонаучного знания характерна сенсационность тем, признание тайн и загадок, а также "умелая обработка фактов". Ко всем этим априорным условиям деятельности в данной сфере присоединяется свойство исследования через истолкование. Привлекается материал, который содержит высказывания, намеки или подтверждения высказанным взглядам и может быть истолкован в их пользу. По форме псевдонаука - это прежде всего рассказ или история о тех или иных событиях. Такой типичный для нее способ подачи материала называют "объяснением через сценарий".
- 3) Отличительной особенностью девиантного знания является то, что им занимаются, как правило, люди, имеющие научную

подготовку, но по тем или иным причинам выбирающие весьма расходящиеся с общепринятыми представлениями методы и объекты исследования. Представители девиантного знания работают, как правило, в одиночестве либо небольшими группами. Результаты их деятельности, равно как и само направление, обладают довольно-таки кратковременным периодом существования.

Уже давно внеучное знание не рассматривают только как заблуждение. И раз существуют многообразные формы внеучного знания, следовательно, они отвечают какой-то изначально имеющейся в них потребности. Нельзя запрещать развитие внеучных форм знания, нецелесообразно также отказывать в кредите доверия вызревшим в их недрах интересным идеям. Наука может "знать меньше" по сравнению с многообразием внеучного знания, так как все, что она знает, должно выдержать жесткую проверку на достоверность фактов, гипотез и объяснений. Не выдерживающее эту проверку знание отбрасывается, и даже потенциально истинная информация может оказаться за пределами науки.

4.3. Понятие научной дисциплины



Современная наука является дисциплинарно организованной. Она складывается из различных областей знания, которые взаимодействуют друг с другом и вместе с тем обладают относительной самостоятельностью. Если рассматривать науку как целое, то ее следует отнести к типу сложных развивающихся систем, в ходе развития которых возникают новые относительно

самостоятельные, автономные подсистемы и их новые интегративные связи, видоизменяющие систему.

НАУЧНАЯ ДИСЦИПЛИНА (от лат. disciplina – учение) – **базовая форма организации профессиональной науки**, объединяющая на предметно-содержательном основании

- области научного знания,
- сообщество, занятое его производством, обработкой и трансляцией, а также
- механизмы развития и воспроизводства соответствующей отрасли науки как профессии.

Формирование научной дисциплины происходило вместе со становлением научной профессии еще в средневековых университетах, своего современного развития эта форма организации науки достигла в 17–19 вв., опираясь на образцы социальной организации, характерные для эпохи Просвещения, а также на организационные инновации внутри европейского естествознания. По дисциплинарному принципу строится организация знания в системе подготовки специалистов во всех сферах профессиональной деятельности (к примеру, медицина, инженерное дело, искусство), которые в процессе обучения должны обрабатывать для передачи новым поколениям большие массивы знания.

4.3.1. Современные способы организации науки

Наука как таковая, как целостное развивающееся формообразование, включает в себя ряд частных наук, которые подразделяются в свою очередь на множество научных дисциплин. Выявление структуры науки в этом ее аспекте ставит проблему классификации наук - раскрытие их взаимосвязи на основании определенных принципов и критериев и выражение их связи в виде логически обоснованного расположения в определенный ряд ("структурный срез"). Поскольку наука не есть нечто неизменное, а представляет собой развивающуюся целостность, исторический феномен, то возникает проблема периодизации истории науки, т.е. выделение качественно своеобразных этапов ее развития ("эволюционный срез").

4.3.2. Классификация наук

Попытки систематизации и классификации научного знания совершали многие философы и ученые: Аристотель, Ф. Бэкон, Гегель, О. Конт, Ф. Энгельс, В. Дильтей, В. Виндельбанд и Г. Риккерт, а также В. И. Вернадский.

Что касается классификаций современных наук, то они проводятся по самым различным основаниям (критериям).

По предмету и методу познания можно выделить

- науки о природе - естествознание,
- об обществе - обществознание (гуманитарные, социальные науки) и
- о самом познании, мышлении (логика, гносеология, диалектика, эпистемология и др.).
- Отдельную группу оставляют технические науки.
- Очень своеобразной наукой является современная математика. По мнению некоторых ученых, она не относится к естественным наукам, но является важнейшим элементом их мышления.

В свою очередь каждая группа наук может быть подвергнута более подробному членению. Так, в состав естественных наук входят механика, физика, химия, геология, биология и другие, каждая из которых подразделяется на целый ряд отдельных научных дисциплин. Наукой о наиболее общих законах действительности является философия, которую нельзя, однако, полностью относить только к науке.

По своей "удаленности" от практики науки можно разделить на два крупных типа:

- **фундаментальные**, которые выясняют основные законы и принципы реального мира и где нет прямой ориентации на практику, и
- **прикладные** - непосредственное применение результатов научного познания для решения конкретных производственных и социально-практических проблем, опираясь на закономерности, установленные фундаментальными науками.

Вместе с тем границы между отдельными науками и научными дисциплинами условны и подвижны.

Могут быть и другие критерии (основания) для классификации наук. Так, например, выделение таких *главных сфер естественных наук, как материя, жизнь, человек, Земля, Вселенная* - позволяет сгруппировать эти науки в следующие ряды:

- 1) физика -> химическая физика -> химия;
- 2) биология -> ботаника -> зоология;
- 3) анатомия -> физиология -> эволюционное учение -> учение о наследственности;
- 4) геология -> минералогия -> петрография -> палеонтология -> физическая география и другие науки о Земле;
- 5) астрономия -> астрофизика -> астрохимия и другие науки о Вселенной.

Гуманитарные науки также подразделяются внутри себя: история, археология, экономическая теория, политология, культурология, экономическая география, социология, искусствоведение и т.п.

Как бы ни подразделялись науки, "но наука одна, и едина, ибо, хотя количество наук постоянно растет, создаются новые, - они все связаны в единое научное построение и не могут логически противоречить одна другой".

К настоящему времени наиболее обстоятельно разработана классификация естественных наук, хотя и тут немало дискуссионных, спорных моментов. Например, существует ли геологическая форма движения материи, и каково в связи с этим место геологии на иерархической лестнице наук? Слабо разработана классификация социально-гуманитарных наук, поскольку долгое время анализ науки и научного познания проводился по "модели" естественно-математического знания.

Специфика социального (гуманитарного) познания проявляется в следующих основных моментах:

- 1. Предмет социального познания - мир человека, а не просто вещь как таковая. А это значит, что данный предмет имеет субъективное измерение, в него включен человек как "автор и

исполнитель своей собственной драмы", которую он же и познает. Гуманитарное познание имеет дело с обществом, социальными отношениями, где тесно переплетаются материальное и идеальное, объективное и субъективное, сознательное и стихийное и т.п., где люди выражают свои интересы, ставят и реализуют определенные цели и т.д. Обычно это **субъект-субъектное познание**.

- 2. Социальное познание ориентировано прежде всего на **процессы**, т.е. на развитие общественных явлений. Главный интерес тут - **динамика**, а не статика, ибо общество практически лишено стационарных, неизменных состояний. Поэтому главный принцип его исследования на всех уровнях - историзм, который был гораздо раньше сформулирован в гуманитарных науках, чем в естествознании, хотя и здесь - особенно в XXI в. - он играет исключительно важную роль.
- 3. В социальном познании исключительное внимание уделяется **единичному, индивидуальному** (даже **уникальному**), но на основе конкретно-общего закономерного.
- 4. Социальное познание - всегда **ценностно-смысловое** освоение и воспроизведение человеческого бытия, которое всегда есть осмысленное бытие. М. Вебер считал, что важнейшая задача гуманитарных наук - установить, "есть ли в этом мире смысл и есть ли смысл существовать в этом мире". Но в решении данного вопроса должны помочь религия и философия, но не естествознание, ибо оно таких вопросов практически не ставит.
- 5. Социальное познание неразрывно и постоянно связано с предметными ценностями (оценка явлений с точки зрения добра и зла, справедливого и несправедливого и т.п.) и "субъективными" (установки, взгляды, нормы, цели и т.п.). Они указывают на человечески значимую и культурную роль определенных явлений действительности. Таковы, в частности, политические, мировоззренческие, нравственные убеждения человека, его привязанности, принципы и мотивы поведения и т.д. Все указанные и им подобные моменты входят в процесс социального исследования и неизбежно сказываются на содержании получаемых в этом процессе знаний.
- 6. Важное значение в социальном познании имеет процедура понимания как приобщение к смыслам человеческой деятельности и как **смыслообразование**.

- 7. Социальное познание имеет **текстовую природу**, т.е. между объектом и субъектом социального познания стоят письменные источники (хроники, документы и т.п.) и археологические источники. Иными словами, тут происходит отражение отражения: социальная реальность предстает в текстах, в знаково-символическом выражении.
- 8. Весьма сложным и очень опосредованным является характер взаимосвязи объекта и субъекта социального познания. Здесь связь с социальной реальностью обычно происходит через источники - исторические (тексты, хроники, документы и т.д.) и археологические (материальные остатки прошлого). Если естественные науки непосредственно нацелены на вещи, их свойства и отношения, то гуманитарные - на тексты, которые выражены в определенной знаковой форме и которым присуще значение, смысл, ценность. Текстовая природа социального познания - характерная его черта.
- 9. Особенностью социального познания является его преимущественная ориентация на "качественную окраску событий". Явления исследуются главным образом со стороны **качества**, а не количества. Поэтому удельный вес количественных методов в социальном познании намного меньше, чем в науках естественно-математического цикла. Однако и здесь все шире разворачиваются процессы математизации, компьютеризации, формализации знания и т.п.
- 10. В социальном познании "нельзя пользоваться ни микроскопом, ни химическими реактивами", ни тем более сложнейшим научным оборудованием - все это должна заменить "**сила абстракции**". Поэтому здесь исключительно велика роль мышления, его форм, принципов и методов. Если в естествознании формой постижения объекта является монолог (ибо "природа молчит"), то в гуманитарном познании - это диалог (личностей, текстов, культур и т.п.). **Диалогическая природа** социального познания наиболее полно выражается в процедурах понимания.

4.3.3. Периодизация наук

Если классификация наук - их расчленение "по вертикали", то периодизация - их разворачивание "по горизонтали", т.е. по оси времени в форме определенных, следующих друг за другом, исторических

периодов (ступеней, фаз, этапов). Наука - явление конкретно-историческое, проходящее в своем развитии ряд качественно своеобразных этапов. Вопрос о периодизации истории науки и ее критериях по сей день является дискуссионным и активно обсуждается в отечественной и зарубежной литературе. Один из подходов, который получает у нас все большее признание, разработан на материале истории естествознания, прежде всего физики (В. С. Степин, В. В. Ильин и др.) и состоит в следующем. Науке как таковой предшествует **преднаука (доклассический этап)**, где зарождаются элементы (предпосылки) науки. Здесь имеются в виду зачатки знаний на Древнем Востоке, в Греции и Риме, а также в средние века, вплоть до XVI-XVII столетий. Именно этот период чаще всего считают началом, исходным пунктом естествознания (и науки в целом) как систематического исследования реальной действительности.

Наука как целостный феномен возникает в Новое время вследствие отпочкования от философии и проходит в своем развитии три основных этапа:

- **классический,**
- **неклассический,**
- **постнеклассический (современный).**

На каждом из этих этапов разрабатываются соответствующие идеалы, нормы и методы научного исследования, формулируется определенный стиль мышления, своеобразный понятийный аппарат и т.п. Критерием (основанием) данной периодизации является соотношение (противоречие) объекта и субъекта познания:

1. **Классическая наука (XVII-XIX вв.),** исследуя свои объекты, стремилась при их описании и теоретическом объяснении устранить по возможности все, что относится к субъекту, средствам, приемам и операциям его деятельности. Такое устранение рассматривалось как необходимое условие получения объективно-истинных знаний о мире. Здесь господствует **объектный стиль мышления**, стремление познать предмет сам по себе, безотносительно к условиям его изучения субъектом.
2. **Неклассическая наука (первая половина XX в.),** исходный пункт которой связан с разработкой релятивистской и

квантовой теории, отвергает объективизм классической науки, отбрасывает представление реальности как чего-то не зависящего от средств ее познания, субъективного фактора. Она осмысливает связи между знаниями объекта и характером средств и операций деятельности субъекта. Экспликация этих связей рассматривается в качестве условий объективно-истинного описания и объяснения мира.

3. **Постнеклассическая наука (вторая половина XX - начало XXI в.)** учитывает соотнесенность характера получаемых знаний об объекте не только с особенностью средств и операций деятельности познающего субъекта, но и с ее ценностно-целевыми структурами.

Каждая из названных стадий имеет свою парадигму (совокупность теоретико-методологических и иных установок), свою картину мира, свои фундаментальные идеи.

- Классическая стадия имеет своей парадигмой механику, ее картина мира строится на принципе жесткого (лапласовского) детерминизма, ей соответствует образ мироздания как часового механизма.
- С неклассической наукой связана парадигма относительности, дискретности, квантования, вероятности, дополненности.
- Постнеклассической стадии соответствует парадигма становления и самоорганизации. Основные черты нового (постнеклассического) образа науки выражаются **синергетикой**, изучающей общие принципы процессов самоорганизации, протекающих в системах самой различной природы (физических, биологических, технических, социальных и др.). Ориентация на "синергетическое движение" - это ориентация на историческое время, системность (целостность) и развитие как важнейшие характеристики бытия.

Новый этап не приводит к полному исчезновению представлений и методологических установок предшествующего этапа. Напротив, между ними существует преемственность. Каждая из предыдущих стадий входит в преобразованном, модернизированном виде в последующую.

Следует иметь в виду, что историю науки можно периодизировать и по другим основаниям. Так, с точки зрения соотношения таких приемов познания, как анализ и синтез (опять же на материале естественных наук), можно выделить две крупные стадии:

- **I. Аналитическая**, куда входит - по предыдущей периодизации - классическое и неклассическое естествознание. Причем в последнем идет постоянное и неуклонное нарастание "синтетической тенденции". Особенности этой стадии: непрерывная дифференциация наук; явное преобладание эмпирических знаний над теоретическими; акцентирование внимания прежде всего на самих исследуемых предметах, а не на их изменениях, превращениях, образованиях; рассмотрение природы, по преимуществу неизменной, вне развития, вне взаимосвязи ее явлений.
- **II. Синтетическая**, интегративная стадия, которая практически совпадает с постнеклассическим естествознанием.

Ясно, что строгих границ между названными стадиями провести невозможно: во-первых, глобальной тенденцией является усиление синтетической парадигмы, во-вторых, всегда имеет место взаимодействие обеих тенденций при преобладании одной из них. Характерной особенностью интегративной стадии является возникновение (начавшееся уже по крайней мере со второй половины предыдущей стадии) междисциплинарных проблем и соответствующих "стыковых" научных дисциплин, таких как физхимия, биофизика, биохимия, психофизика, геохимия и др. Поэтому в современном естествознании уже нет ни одной науки "в рафинированном чистом виде" и идет процесс построения целостной науки о природе и единой науки о всей действительности в целом.

4.4. Формы научного знания: факты, проблемы, гипотезы, теории, парадигмы

Наука - это форма духовной деятельности людей, направленная на производство знаний о природе, обществе и о самом познании, имеющая непосредственной целью постижение истины и открытие объективных законов на основе обобщения реальных фактов в их взаимосвязи, для того чтобы предвидеть тенденции развития действительности и способствовать ее изменению.

Развивающееся научное знание претерпевает последовательную смену следующих форм: *факт, проблема, гипотеза, теория и парадигма*.

4.4.1. Факт

Наука не просто стихийно накапливает факты, она добывает их сознательно и целенаправленно в упорной профессиональной деятельности. Необходимо отметить, что термин «**факт**» в научной литературе употребляется в двух значениях:

- факт как реально происходящее или уже произошедшее событие (факт действительности);
- факт как описание данного события на некотором языке.

Если факт осмыслен и зафиксирован в языке какой-либо науки, то здесь имеет место **научный факт**. Фиксация в других системах понятий дает нам мифологический, религиозный факт или другие виды фактов. Необходимо помнить, что *научный факт — это осмысление реального явления с определенной теоретической точки зрения*. Поэтому **истинность фактов определяется истинностью применяемой теории, т.е. научные факты могут быть как истинными, так и ложными**. Строго говоря, ложными научные факты признаются:

- когда они не соответствуют реальным явлениям и свойствам объектов;
- когда доказана ложность теории, на основе которой описано данное явление.

Оценкой фактов заканчивается первый этап научного познания. Следующий этап связан с появлением фактов, которые не могут быть объяснены с помощью имеющихся знаний. Возникает проблемная ситуация – осознанное противоречие между новыми фактами и существующей теорией. В этом случае в познании требуется совершить диалектический скачок: дать новое объяснение событию, т.е. развить старую или построить новую теорию.

4.4.2. Проблема

Проблема - это форма научного познания, соединяющая в себе два элемента: знание о незнании и предвидение возможности открытия нового. Проблема – это форма выражения необходимости развития знания, которая отображает противоречие между знанием и действительностью или противоречие в самом познании. Постановка проблемы – выход из сферы уже изученного в сферу того, что необходимо изучить, поиск ответа на вставший перед исследователем вопрос в условиях отсутствия необходимой и достаточной информации для этого. При постановке проблемы и при её решении требуются факты.

Таким образом, научная **проблема** – это вопрос, для ответа на который требуется новое знание. Она выступает закономерным этапом развития научного познания. Наука не может прогрессировать без решения все новых и новых проблем. Отсутствие проблем привело бы к прекращению исследований, т.е. к прекращению производства новых знаний. Поэтому задача пытливого ума – ставить и решать научные проблемы.

Постановка проблемы предусматривает следующий процесс:

- отделение фактов объясненных (известных) от фактов, требующих объяснения;
- формулировка вопроса, выражающего основной смысл проблемы;
- постановка конкретных задач по ее решению.

4.4.3. Гипотеза

Решение научной проблемы начинается с выдвижения гипотезы. **Гипотеза** – это обоснованное предположение, не противоречащее достоверным фактам, законам, доказанным положениям науки.

Гипотеза – форма и способ научного познания, с помощью которой формируется один из возможных вариантов решения проблемы. Она является формой развития научного познания, способом перехода от неизвестного к известному, от незнания к знанию, от неполного, неточного знания к знанию более полному, точному. Поскольку гипотеза наряду со старым содержит и новое знание, то она должна подлежать проверке. Практическая проверка – это соотнесение гипотетического значения с реальной действительностью или с результатом эксперимента. Теоретическая проверка – это соотнесение с известными фактами как можно большего количества логически выведенных из гипотезы следствий.

4.4.4. Теория

Доказанное гипотетическое знание составляет научное открытие. Оно становится новым элементом старой теории или образует новую **теорию**, которая представляет собой *систематизированное доказанное знание о каком-либо фрагменте действительности, которое имеет логическую структуру и даёт целостное, синтетическое представление о закономерностях и существенных характеристиках объекта.* Теория в отличие от гипотезы, является знанием достоверным, истинность которого доказана и проверена практикой. Теория характеризуется системной, логической организацией и своим объективным содержанием. Развитие теории осуществляется в ходе постоянного уточнения ее положений на основе вновь получаемых фактов. Цикл завершается: чтобы подтвердить или опровергнуть новую теорию, нужны новые факты.

4.4.5. Парадигма

Научное исследование осуществляется в рамках той или иной научной школы или **парадигмы**. С другой стороны, научное познание завершается выработкой научной парадигмы. Под парадигмой (от греч. «пример, модель, образец») подразумевается *совокупность фундаментальных научных установок, представлений и терминов, принимаемая и разделяемая научным сообществом и консолидирующая*

(объединяющая) большинство его членов. Парадигма как *высший уровень обобщения знания* обеспечивает преэминентность развития науки и научного творчества. Она исключает не согласующиеся с ней концепции и служит образцом для решения исследовательских задач. Понятие парадигмы было введено в теорию познания американским философом Томасом Куном.

4.5. Основания, идеалы и нормы науки



Согласно В.С. Степину, можно выделить три главных компонента оснований научной деятельности:

1. *идеалы и нормы исследования,*
2. *научную картину мира и*
3. *философские основания науки.*

Каждый из них, в свою очередь, внутренне структурирован.

4.5.1. Идеалы и нормы исследования

Как и всякая деятельность, научное познание регулируется определенными идеалами и нормативами, в которых выражены представления о целях научной деятельности и способах их достижения. Среди идеалов и норм науки могут быть выявлены:

- а) собственно *познавательные установки*, которые регулируют процесс воспроизведения объекта в различных формах научного знания;

- б) **социальные нормативы**, которые фиксируют роль науки и ее ценность для общественной жизни на определенном этапе исторического развития, управляют процессом коммуникации исследователей, отношениями научных сообществ и учреждений друг с другом и с обществом в целом и т.д.

Эти два аспекта идеалов и норм науки соответствуют двум аспектам ее функционирования: как познавательной деятельности и как социального института.

Познавательные идеалы науки имеют достаточно сложную организацию. В их системе можно выделить следующие основные формы:

- 1) *идеалы и нормы объяснения и описания,*
- 2) *доказательности и обоснованности знания,*
- 3) *построения и организации знаний.*

В совокупности они образуют своеобразную *схему метода исследовательской деятельности*, обеспечивающую освоение объектов определенного типа.

На разных этапах своего исторического развития наука создает разные типы таких схем метода, представленных системой идеалов и норм исследования. Сравнивая их, можно выделить как общие, инвариантные, так и особенные черты в содержании познавательных идеалов и норм. Если **общие черты** характеризуют специфику научной рациональности, то **особенные черты** выражают ее исторические типы и их конкретные дисциплинарные разновидности. В содержании любого из выделенных нами видов идеалов и норм науки (объяснения и описания, доказательности, обоснования и организации знаний) можно зафиксировать по меньшей мере три взаимосвязанных уровня.

1. **Первый** уровень представлен признаками, которые отличают науку от других форм познания (обыденного, стихийно-эмпирического познания, искусства, религиозно-мифологического освоения мира и т.п.). Например, в разные исторические эпохи по-разному понимались природа научного знания, процедуры его обоснования и стандарты доказательности. Но то, что научное знание отлично от мнения, что оно должно быть обосновано и доказано, что наука не может ограничиваться непосредственными

констатациями явлений, а должна раскрыть их сущность, - все эти нормативные требования выполнялись и в античной, и в средневековой науке, и в науке нашего времени.

2. **Второй** уровень содержания идеалов и норм исследования представлен исторически изменчивыми установками, которые характеризуют стиль мышления, доминирующий в науке на определенном историческом этапе ее развития.
3. Наконец, в содержании идеалов и норм научного исследования можно выделить **третий** уровень, в котором установки второго уровня конкретизируются применительно к специфике предметной области каждой науки (математики, физики, биологии, социальных наук и т.д.).

4.5.2. Научная картина мира

Второй блок оснований науки составляет **научная картина мира**. В развитии современных научных дисциплин особую роль играют обобщенные схемы - образы предмета исследования, посредством которых фиксируются основные системные характеристики изучаемой реальности. Эти образы часто именуют специальными картинами мира. Термин "мир" применяется здесь в специфическом смысле - как обозначение некоторой сферы действительности, изучаемой в данной науке ("мир физики", "мир биологии" и т.п.). Чтобы избежать терминологических дискуссий, имеет смысл пользоваться иным названием - **картина исследуемой реальности**. Наиболее изученным ее образцом является физическая картина мира. Но подобные картины есть в любой науке, как только она конституируется в качестве самостоятельной отрасли научного знания.

Картина реальности обеспечивает систематизацию знаний в рамках соответствующей науки. С ней связаны различные типы теорий научной дисциплины (фундаментальные и частные), а также опытные факты, на которые опираются и с которыми должны быть согласованы принципы картины реальности. Одновременно **она функционирует в качестве исследовательской программы, которая целенаправляет постановку задач как эмпирического, так и теоретического поиска и выбор средств их решения.**

Формирование картин исследуемой реальности в каждой отрасли науки всегда протекает не только как процесс внутринаучного характера, но и как взаимодействие науки с другими областями культуры.

4.5.3. Философские основания науки

Рассмотрим теперь третий блок оснований науки. Включение научного знания в культуру предполагает его философское обоснование. Оно осуществляется посредством философских идей и принципов, которые обосновывают онтологические постулаты науки, а также ее идеалы и нормы.

Как правило, в фундаментальных областях исследования развитая наука имеет дело с объектами, еще не освоенными ни в производстве, ни в обыденном опыте (иногда практическое освоение таких объектов осуществляется даже не в ту историческую эпоху, в которую они были открыты). Для обыденного здравого смысла эти объекты могут быть непривычными и непонятными. Знания о них и методы получения таких знаний могут существенно не совпадать с нормативами и представлениями о мире обыденного познания соответствующей исторической эпохи. Поэтому научные картины мира (схема объекта), а также идеалы и нормативные структуры науки (схема метода) не только в период их формирования, но и в последующие периоды перестройки нуждаются в своеобразной **стыковке с господствующим мировоззрением той или иной исторической эпохи, с категориями ее культуры**. Такую "стыковку" обеспечивают философские основания науки. В их состав входят, наряду с обосновывающими постулатами, также идеи и принципы, которые обеспечивают эвристику поиска. Эти принципы обычно целенаправляют перестройку нормативных структур науки и картин реальности, а затем применяются для обоснования полученных результатов - новых онтологий и новых представлений о методе. Но совпадение философской эвристики и философского обоснования не является обязательным. Может случиться, что в процессе формирования новых представлений, исследователь использует одни философские идеи и принципы, а затем развитые им представления получают другую философскую интерпретацию, и только так они обретают признание и включаются в культуру. Таким образом, **философские основания науки гетерогенны. Они допускают вариации философских идей и категориальных смыслов, применяемых в исследовательской деятельности.**

4.6. Категории, идеи, принципы и законы как важнейшие элементы теоретических систем



Теоретическое познание отражает универсальные внутренние связи и закономерности изучаемых явлений и процессов с помощью рациональной обработки данных эмпирического знания - фактов. Эта обработка осуществляется с помощью систем абстракций, таких как идеи, понятия, законы, категории, принципы и др. **Идея** - исходный момент, лежащий в основе научной концепции и объединяющий все остальные компоненты научной теории.



Рис. 1. Основные элементы теории.

- Присутствует первоначально как гипотеза т.е. предположение.
- Должна быть обоснована с определенной степенью вероятности.
- Должна объяснять совокупность фактов.
- Должна быть проверяема методами данной науки.
- Должна быть логически непротиворечивой.
- Не должна противоречить известным и проверенным фактам.

Частично доказанная и подтвержденная гипотеза - это **концепция**.
Полностью доказанная и подтвержденная гипотеза – это **теория**.



Рис. 2. Развитие идеи: от гипотезы к теории.

Важное место в науке занимают **принципы** – исходные положения, нормы и правила, которые устанавливаются в результате объективного осмысления опыта и являются начальной формой систематизации знаний; объективно в природе не существуют.

Закон выражает **существенные стойкие, повторяемые объективные взаимосвязи явлений и процессов в природе, обществе и мышлении в форме теоретических утверждений**. Законы не создаются людьми, а только открываются ими, формулируются таким образом, чтобы точно отражать реалии объективного мира. Они выражаются в форме определенных понятий и категорий.

Понятие – это мысль, выраженная в общей форме, которая отражает сущность и необходимые признаки явлений и процессов, взаимосвязь между ними. Когда понятие входит в научный оборот и его обозначают одним или группой слов, создается **термин**. Совокупность основных понятий формирует **понятийный аппарат** науки. **Наиболее распространенные и предельно широкие понятия** называются **категориями** (например, в экономике – «товар», «стоимость», «цена»). Категории характеризуют существенные свойства объекта теории, предметов и явлений объективного мира. Например, важнейшими философскими категориями являются материя, пространство, время, движение, качество, количество, причинность и т.п.

4.7. Понятие методологии и её уровни



Методология – это учение об организации деятельности. Такое определение однозначно детерминирует и предмет методологии – организация деятельности. (Новиков А.М.)

В структуре методологического знания *Э.Г. Юдин* выделяет четыре уровня: 1) философский, 2) общенаучный, 3) конкретно-научный и 4) технологический.

- Содержание высшего – **философского** уровня методологии объединяет в себе общие принципы познания с категориальным аппаратом науки в целом.
- Ко второму уровню **относится общенаучная** методология, представляющая собой теоретические положения, применяемые практически ко всем научным дисциплинам.
- На третьем уровне стоит **конкретно-научная** методология, которая представляет собой совокупность всех принципов и методов, применяемых в какой-либо конкретной науке.
- Четвертый уровень занимает **технологическая** методология, которую составляют методика и техника исследования, т.е. набор процедур, которые обеспечивают поступление достоверного эмпирического материала и его первичную обработку. Характер на

этом уровне нормативный и четко выраженный.

Уровни методологии связаны между собой так или иначе, и имеют спланированное самодвижение. Однако **философский** уровень играет роль содержательного основания и выступает во всеобщем методологическом качестве всякого методологического знания.

4.7.1. Философский уровень

Его содержание составляют общие принципы познания и категориальный строй науки в целом. Эта сфера методологии представляет собой философское знание, разрабатывается специфическими для философии методами. Она не существует в виде какого-то раздела философии – методологические функции выполняет вся система философского знания.

Философский уровень методологии функционирует не в форме жесткой системы норм или технических приемов (что ведет к догматизации научного познания), а в качестве системы предпосылок и ориентиров познавательной деятельности. Сюда входят

- содержательные предпосылки (мировоззренческие основы научного мышления, философская «картина мира») и
- формальные, относящиеся к общим формам научного мышления, к его исторически определенному категориальному строю.

Философия играет двоякую методологическую роль:

- 1) она осуществляет конструктивную критику наличного научного знания с точки зрения условий и границ его применения, адекватности его методологического фундамента и общих тенденций его развития и стимулирует внутринаучную рефлексивность, способствует постановке новых проблем, поиску новых подходов к объектам научного изучения.
- 2) философия дает мировоззренческую интерпретацию результатов науки с точки зрения той или иной картины мира

и служит отправной точкой всякого серьезного исследования, необходимой содержательной предпосылкой существования и развития теоретического знания и его интерпретации в нечто целостное для каждого этапа развития познания.

Необходимым компонентом философской методологии является социально-культурный анализ науки, который позволяет отразить те идеалы, которые присущи той философии, на которую мы опираемся.

Покажем связь философии с педагогикой на конкретных примерах. Так, философский закон перехода количественных изменений в качественные проявляется в уровнях развития и образования человека. Диалектический подход обуславливает необходимость выявления, осознания и разрешения внешних и внутренних противоречий в процессе обучения и воспитания личности, постоянного поиска и обновления оптимальной системы форм, методов и средств педагогического воздействия, всесторонне подходить к изучению эффективности педагогического процесса.

Философское учение о всеобщей обусловленности явлений обязывает выявлять причинно-следственные связи педагогических фактов и явлений.

Философское положение о диалектическом единстве содержания и формы вызывает необходимость постоянной корректировки и увязки содержания, форм, методов, средств обучения и воспитания с обеспечением ведущей роли содержания.

4.7.2. Общенаучный уровень

Общенаучная методология может быть представлена системным подходом, отражающим всеобщую связь и взаимообусловленность явлений и процессов окружающей действительности. (Сластенин В.А. и др. Педагогика. - М.: Издательский центр «Академия», 2002. - С. 83.) Он ориентирует исследователя и практика на необходимость подходить к явлениям жизни как к системам, имеющим определенное строение и свои законы функционирования.

Сущность системного подхода заключается в том, что относительно самостоятельные компоненты рассматриваются не изолированно, а в их взаимосвязи, в развитии и движении. Он позволяет выявить интегративные системные свойства и качественные характеристики, которые отсутствуют у составляющих систему элементов. Предметный, функциональный и исторический аспекты системного подхода требуют реализации в единстве таких принципов исследования, как историзм, конкретность, учет всесторонних связей и развития.

Системный подход требует реализации принципа единства педагогической теории, эксперимента и практики. Педагогическая практика является действенным критерием истинности научных знаний, положений, которые разрабатываются теорией и частично проверяются экспериментом. Практика становится и источником новых фундаментальных проблем образования. Теория, следовательно, дает основу для правильных практических решений, но глобальные проблемы, задачи, возникающие в образовательной практике, порождают новые вопросы, требующие фундаментальных исследований.

4.7.3. Конкретно-научный уровень

Конкретно-научная методология каждой науки рассматривается через специфические подходы и принципы. Конкретно-методологические основания педагогических исследований представлены в нижеследующей таблице.

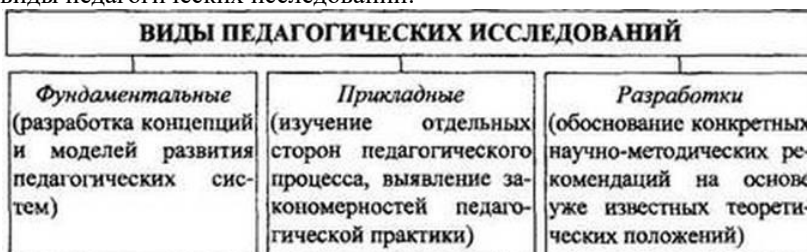
Подходы	Их содержание
<p>Целостный подход</p>	<p>Понимание личности как целостности, как сложной психической системы, имеющей свою структуру, функции и внутреннее строение. Обеспечение единства развития, обучения и воспитания личности. Изучение педагогического процесса как целостной системы, ориентация на интегративные (целостные) характеристики личности. Выделение и изучение в педагогической системе и развивающейся личности прежде всего интегративных инвариантных системообразующих связей и отношений, выявление вклада отдельных компонентов в развитие личности как системного целого</p>
<p>Личностно-деятельностный подход</p>	<p>Утверждение представления о социальной, деятельностной и творческой сущности личности. Признание личности как продукта общественно-исторического развития и носителя определенной культуры. Ориентация на формирование личностных смыслов жизни и деятельности человека. Признание уникальности личности, ее интеллектуальной и нравственной естественный процесс саморазвития задатков и творческого потенциала личности. Взгляд на деятельность как основное средство и решающее условие развития личности, учет того, что именно в деятельности человек проявляется как субъект своего развития, организация полноценной в социально-нравственном отношении жизнедеятельности личности. Формирование свободы, права на уважение. Опора в воспитании на деятельность личности как целостного психологического процесса, включающего потребность, мотив, цель, действия и операции, условия и средства, результат. Обучение человека организации, регулированию, контролю, самоанализу и оценке результатов своей деятельности</p>

<p>Полисубъектный (диалоговый) подход</p>	<p>Учет того, что сущность человека значительно разностороннее и сложнее, чем его деятельность, Признание необходимости акцентировать внимание на отношениях субъектов образовательного процесса как важнейших источниках их духовного развития. Межсубъектное понимание детерминации психического в человеке. Рассмотрение личности как системы характерных для нее отношений, которые формируются в диалогическом общении. Но диалог - это не только средство формирования личности, но и само бытие ее. Обеспечение единства саморазвития и взаимодействия в педагогическом процессе, построенном по принципу диалога. Понимание того, что диалоговый подход в единстве с личностно-деятельностным составляют сущность методологии гуманистической педагогики</p>
<p>Культурологический подход</p>	<p>Аксиологический аспект: ориентация педагогического процесса на изучение и формирование ценностных ориентации личности как устойчивых норм морального сознания и поведения человека. Технологический аспект: понимание культуры как специфического способа человеческой деятельности, формирование в процессе освоения личностью культуры способов практической деятельности и наоборот. Личностно-творческий аспект: понимание проблемы освоения культуры как изменение самого человека, его становление как творческой личности; учет связей культуры с творческой деятельностью личности (человек является не только объектом, но и субъектом культуры). Этнопедагогический аспект: обеспечение единства интернационального (общечеловеческого), национального и индивидуального в культуре и образовании, изучение и использование больших воспитательных возможностей национальных культур, в частности народной педагогики</p>

Антропологический подход	Системное использование данных всех наук о человеке при построении и осуществлении педагогического процесса, интеграция педагогики с психологией, социологией, культурой и философской антропологией, биологией и другими науками о человеке
Акмеологический подход	Создание условий для максимального развития творческих способностей каждой личности, оказание человеку помощи в достижении вершин в жизнедеятельности (аспект - вершина), максимально возможная индивидуализация процесса обучения и воспитания, его ярко выраженная творческая направленность

4.7.4. Технологический уровень

Технологический уровень методологии педагогики составляют методика и техника исследования. Под педагогическим исследованием понимается процесс и результат научной деятельности, направленной на получение новых знаний о закономерностях образования, его структуре, механизмах, содержании, принципах и технологиях. По направленности и конечному результату выделяют следующие виды педагогических исследований:



Любое педагогическое исследование проводится на основе специальной программы, которая включает в себя два раздела:

- 1) обоснование актуальности темы, формулировка научной проблемы, определение объекта и предмета, целей и задач

исследования, формулировку основных понятий (категориального аппарата), предварительный системный анализ объекта исследования, выдвижение рабочей гипотезы, обоснование методов и баз исследования;

- 2) разработка стратегического плана исследования, плана и методики проведения констатирующего и формирующего экспериментов.

Результаты исследования должны обладать научной новизной и практической значимостью.

4.7.5. Логика (этапы) исследования

Логика исследования предполагает реализацию ряда этапов: эмпирического, гипотетического, теоретического, прогностического.

<i>Эмпирический этап:</i> получение функционального представления об объекте и выдвижение гипотезы исследования (сбор эмпирических материалов)
--

<i>Гипотетический этап:</i> разрешение противоречия между фактическими представлениями об объекте исследования и необходимостью постичь его сущность (обработка и анализ эмпирических материалов)

<i>Теоретический этап:</i> преодоление противоречия между функциональными и гипотетическими представлениями об объекте исследования и потребностью в системных представлениях о нем (выдвижение теоретических положений и теорий)

<i>Прогностический этап:</i> разрешение противоречия между полученными представлениями об объекте исследования как целостном образовании и необходимостью предсказать его развитие в новых условиях (разработка научно-методических рекомендаций)

4.7.6. Методы педагогического исследования

Методы исследования - это система изучения педагогических явлений. Разнообразные методы исследования можно разбить на четыре группы, которые представлены в нижеследующей таблице.

Группы	Методы и их краткая характеристика
Методы изучения педагогического опыта или эмпирического познания	<p>Наблюдение - целенаправленное восприятие какого-либо педагогического явления.</p> <p>Различают включенное и невключенное, открытое и скрытое, сплошное и выборочное наблюдение. Беседа — метод устного опроса по заранее намеченному плану.</p> <p>Интервьюирование - разновидность беседы по заранее намеченным вопросам.</p> <p>Анкетирование - метод массового письменного сбора материала с помощью анкеты. Изучение продуктов деятельности обучающихся: изделий, проектов, графических и других работ. Изучение документации: личных дел, медицинских карт, протоколов и т.д. Эксперимент - специально организованная проверка положений гипотезы, того или иного метода.</p> <p>Различают констатирующий, формирующий (преобразующий) эксперименты</p>

Методы теоретического исследования	Теоретический анализ - выделение и рассмотрение отдельных сторон, признаков, особенностей, свойств педагогических явлений. Индуктивные и дедуктивные методы - логические методы обобщения полученных эмпирическим путем данных. Изучение литературы: трудов ученых, диссертаций, учебников и т.д. Моделирование - построение моделей педагогических явлений и процессов
Математические методы	Регистрация - подсчет количества тех или иных фактов. Ранжирование - расположение собранных данных в определенной последовательности. Шкалирование - введение цифровых показателей в оценку отдельных сторон педагогических явлений. Квалиметрия - перевод качественных показателей в количественные
Статистические методы	Определение средних величин полученных показателей, определение медианы - показателя середины ряда; подсчет степени рассеивания величин - дисперсии, т.е. среднего квадратичного отклонения; подсчет коэффициента корреляции и др.

4.7.7. Аprobация и оформление результатов исследования

Аprobация - слово латинского происхождения, дословно означает «одобрение, утверждение, установление качеств». В современном понимании **аprobация** - это установление истинности, компетентная оценка и конструктивная критика оснований, методики и результатов исследования.

Официальная аprobация может проходить в форме докладов, обсуждений, дискуссий, устного или письменного рецензирования работы. В роли судей, критиков и оппонентов выступают компетентные ученые и практики, научные и педагогические коллективы и аудиторией.

Неофициальная аprobация может проходить в форме бесед и споров со специалистами и коллегами.

Результаты исследования должны быть оформлены соответствующим образом. Основными видами изложения результатов исследования являются:

- *научный отчет (сообщение)* — зачитывание оформленного письменного изложения существа и результатов исследования;
- *статья* — системное письменное изложение научных результатов;
- *рецензия* - критическое рассмотрение результатов исследования;
- *монография, книга, брошюра* — подробное изложение хода, результатов исследования, выводов, рекомендаций, библиографического списка литературы;
- *методические рекомендации* по практическому использованию результатов исследования;
- *диссертация* ~ научная работа, подготовленная для публичной защиты на соискание академической степени магистра или ученой степени кандидата или доктора наук.

По результатам исследования пишутся также учебники и учебные пособия.

словарь основных понятий

- **Актуальность исследования** - необходимость и своевременность изучения и решения какой-то проблемы для дальнейшего развития теории и практики.
- **Научная проблема** - основное противоречие, которое должно быть разрешено средствами науки.
- **Объект исследования** — то, на что направлен процесс познания. В педагогике им могут быть: педагогический процесс, область педагогической действительности, какое-либо педагогическое отношение, содержащее в себе противоречие.
- **Предмет исследования** - часть, сторона объекта; наиболее значимые свойства, стороны, особенности объекта, которые подлежат непосредственному изучению.
- **Цель исследования** - конечный результат решения проблемы.

- **Исследовательские задачи** - этапы достижения цели исследования.
- **Логика исследования** - ход, последовательность, внутренняя закономерность этапов и методов исследования.

4.8. Природа и функции метода научного познания



Метод (греч. – способ познания) – «путь к чему-либо», способ достижения цели.

Основная функция метода – внутренняя организация и регулирование процесса познания или практического преобразования того или иного объекта. Следовательно, метод (в той или иной своей форме) сводится к совокупности определенных правил, приемов, способов, норм познания и действия. Он есть система предписаний, принципов, требований, которые должны ориентировать исследователя в решении конкретной задачи, достижении определенного результата в той или иной сфере деятельности. Метод дисциплинирует поиск истины. Истинный метод служит своеобразным компасом, по которому субъект познания и действия прокладывает свой путь.

Понятие «научный метод» понимается как «целенаправленный путь, посредством которого достигается поставленная цель. Это комплекс различных познавательных подходов и практических операций, направленных на приобретение научных знаний».

Являясь открытой системой, метод постоянно развивается вслед за развитием производственной и информационной техники, в зависимости от постановки новых проблем и задач.

типология методов научного познания

Существуют различные классификации методов. Основные из них могут быть представлены следующим образом:

- по степени общности (*общенаучные и специальные*);
- по уровням научного познания (*формальные и содержательные; эмпирические и теоретические; фундаментальные и прикладные; методы исследования и изложения и пр.*);
- по этапам исследования (*наблюдение, обобщение, доказательство и другие*);
- по содержанию изучаемых наукой объектов (*методы естествознания и методы социально-гуманитарных наук*).

В свою очередь методы естественных наук могут быть подразделены на методы изучения неживой природы и методы изучения живой природы и т. п. Выделяют также качественные и количественные методы, однозначно-детерминистские и вероятностные, методы непосредственного и опосредованного познания, оригинальные и производные и т. д.

К числу **характерных признаков научного метода** относят:

- объективность,
- воспроизводимость,
- эвристичность,
- необходимость,
- конкретность и др.

В современной науке достаточно успешно «работает» многоуровневая концепция методологического знания. В этом плане все методы научного познания, по мнению В.П. Кохановского, могут быть разделены на следующие основные группы (по степени общности и широте их применения).

1. Философские методы, среди которых наиболее древними являются *диалектический и метафизический*. К их числу также относятся *аналитический, интуитивный, феноменологический, герменевтический* и др. методы.

Философские методы не следует рассматривать как «свод» жестко фиксированных регулятивов. Скорее всего, это система «мягких» принципов, операций и приемов, носящих всеобщий, универсальный характер, т.е. находящихся на самых высших (предельных) «этажах» абстрагирования. Следует четко представлять себе, что философские методы задают лишь самые общие направления исследования, его генеральную стратегию, но не заменяют специальные методы и не определяют окончательный результат познания прямо и непосредственно.

2. Общенаучные подходы и методы исследования, которые как бы выступают в качестве своеобразной «промежуточной методологии» между философией и фундаментальными теоретико-методологическими положениями специальных наук. К общенаучным понятиям чаще всего относят такие понятия, как «информация», «модель», «структура», «функция», «система», «элемент», «оптимальность», «вероятность» и др. На основе общенаучных понятий и концепций формулируются соответствующие методы и принципы познания, которые и обеспечивают связь и оптимальное взаимодействие философии со специально-научным знанием и его методами. К числу общенаучных принципов и подходов относятся *системно-личностный и структурно-функциональный, кибернетический, вероятностный, моделирование, формализация* и ряд других. Важная роль общенаучных подходов состоит в том, что в силу своего «промежуточного характера», они опосредствуют взаимопереход философского и частнонаучного знания (а также соответствующих методов). Дело в том, что первое не накладывается чисто внешним, непосредственным образом на второе.

3. Частнонаучные методы – совокупность способов, принципов познания, исследовательских приемов и процедур, применяемых в той или иной науке. Это методы механики, физики, химии, биологии и социально-гуманитарных наук. Методы психолого-педагогического исследования относятся к частнонаучным методам.

4. Дисциплинарные методы – система приемов, применяемых в той или иной научной дисциплине, входящей в какую-нибудь отрасль

науки или возникшей на стыках наук. Каждая фундаментальная наука представляет собой комплекс дисциплин, которые имеют свой специфический предмет и свои своеобразные методы исследования.

5. Методы междисциплинарного исследования – совокупность ряда синтетических, интегративных способов (возникших как результат сочетания элементов различных уровней методологии), нацеленных главным образом на стыки научных дисциплин. Широкое применение эти методы нашли в реализации комплексных научных исследований и программ.

Таким образом, методология не может быть сведена к какому-то одному, даже очень важному методу. Ученый никогда не должен полагаться на какое-то единственное учение, никогда не должен ограничивать методы своего мышления одной-единственной философией. По мнению В.П. Кохановского: *«Методология не есть также простая сумма отдельных методов, их «механическое единство», это сложная, динамичная, целостная, субординированная система способов, приемов, принципов разных уровней, сферы действия, направленности, эвристических возможностей, содержаний, структур и т.д.»*

А.М. Новиковым была предложена следующая классификация методов научного исследования:

Теоретические методы:

- *методы-познавательные действия:* выявление и разрешение противоречий, постановка проблемы, построение гипотезы и т.д.;
- *методы-операции:* анализ, синтез, сравнение, абстрагирование и конкретизация и т.д.

Эмпирические методы:

- *методы-познавательные действия*: обследование, мониторинг, эксперимент и т.д.;
- *методы-операции*: наблюдение, измерение, опрос, тестирование и т.д.

(Новиков А.М., Новиков Д.А. *Методология научного исследования*. – М.: Либроком. – 280 с.)

Табл. 1. Методы научного исследования

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ		ЭМПИРИЧЕСКИЕ	
методы-операции	методы-действия	методы-операции	методы-действия
<ul style="list-style-type: none"> ◆ анализ ◆ синтез ◆ сравнение ◆ абстрагирование ◆ конкретизация ◆ обобщение ◆ формализация ◆ индукция ◆ дедукция ◆ идеализация ◆ аналогия ◆ моделирование ◆ мысленный эксперимент ◆ воображение 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ диалектика (как метод) ◆ научные теории, проверенные практикой ◆ доказательство ◆ метод анализа систем знаний ◆ дедуктивный (аксиоматический) метод ◆ индуктивно-дедуктивный метод ◆ выявление и разрешение противоречий ◆ постановка проблем ◆ построение гипотез 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ изучение литературы, документов и результатов деятельности ◆ наблюдение ◆ измерение ◆ опрос (устный и письменный) ◆ экспертные оценки ◆ тестирование 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ методы отслеживания объекта: обследование, мониторинг, изучение и обобщение опыта ◆ методы преобразования объекта: опытная работа, эксперимент ◆ методы исследования объекта во времени: ретроспектива, прогнозирование

4.9. Эмпирический уровень научного знания: его методы и формы

Методы научного познания принято подразделять по степени их общности, т.е. по широте применимости в процессе научного исследования.

Понятие метод (от греческого слова «методос» – путь к чему-либо) означает совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности, руководствуясь которыми человек может достичь намеченной цели. Владение методом означает для человека знание того, каким образом, в какой последовательности совершать те или иные действия для решения тех или иных задач, и умение применять это знание на практике. Основная функция метода – регулирование познавательной и иных форм деятельности.

Существует целая область знания, которая специально занимается изучением методов и которую принято именовать **методологией**. Методология дословно означает «учение о методах».

Общенаучные методы используются в самых различных областях науки, т. е. имеют весьма широкий, междисциплинарный спектр применения.

Классификация общенаучных методов тесно связана с понятием уровней научного познания.

Различают **два уровня научного познания**: *эмпирический и теоретический*. Это различие имеет своим основанием неодинаковость, во-первых, способов (методов) самой познавательной активности, а во-вторых, характера достигаемых научных результатов. Одни общенаучные методы применяются только на эмпирическом уровне (наблюдение, эксперимент, измерение), другие — только на теоретическом (идеализация, формализация), а некоторые (например, моделирование) — как на эмпирическом, так и на теоретическом уровнях.

Эмпирический уровень научного познания характеризуется непосредственным исследованием реально существующих, чувственно воспринимаемых объектов. На этом уровне исследования человек непосредственно взаимодействует с изучаемыми природными или социальными объектами. Здесь преобладает живое созерцание (чувственное познание). На этом уровне осуществляется процесс накопления информации об исследуемых объектах, явлениях путем проведения наблюдений, выполнения разнообразных измерений, постановки экспериментов. Здесь производится также первичная

систематизация получаемых фактических данных в виде таблиц, схем, графиков и т. п.

Однако для объяснения реального процесса познания эмпиризм вынужден обратиться к аппарату логики и математики (прежде всего к индуктивному обобщению) для описания опытных данных в качестве средств построения теоретического знания. Ограниченность эмпиризма состоит в преувеличении роли чувственного познания, опыта и в недооценке роли научных абстракций и теорий в познании. Поэтому эмпирическое исследование обычно опирается на определенную теоретическую конструкцию, которая определяет направление этого исследования, обуславливает и обосновывает применяемые при этом методы.

Обращаясь к философскому аспекту этого вопроса необходимо отметить таких философов Нового Времени, как Ф. Бэкон, Т. Гоббс и Д. Локк. Фрэнсис Бэкон говорил, что путем, ведущим к знанию, является наблюдение, анализ, сравнение и эксперимент. Джон Локк полагал, что все наши знания мы черпаем из опыта и ощущений.

Выделяя в научном исследовании указанные два различных уровня, не следует, однако, их отрывать друг от друга и противопоставлять. Ведь **эмпирический и теоретический уровни познания взаимосвязаны** между собой. Эмпирический уровень выступает в качестве основы, фундамента теоретического. Гипотезы и теории формируются в процессе теоретического осмысления научных фактов, статистических данных, получаемых на эмпирическом уровне. К тому же теоретическое мышление неизбежно опирается на чувственно-наглядные образы (в том числе схемы, графики и т. п.), с которыми имеет дело эмпирический уровень исследования.

4.9.1. Особенности или формы эмпирического исследования

Основными формами, в которых существует научное познание, являются: *проблема, гипотеза, теория*. Но эта цепочка форм знания не может существовать без фактического материала и практической деятельности по проверке научных предположений. Эмпирическое, опытное исследование осваивает объект с помощью таких приемов и средств, как описание, сравнение, измерение, наблюдение, эксперимент, анализ, индукция, а его важнейшим элементом является факт (от лат. *factum* - сделанное, свершившееся). Любое научное

исследование начинается со сбора, систематизации и обобщения **фактов**.

Факты науки — факты действительности, отраженные, проверенные и зафиксированные на языке науки. Попадая в поле зрения ученых, **факт науки возбуждает теоретическую мысль**. Факт становится научным, когда он является элементом логической структуры конкретной системы научного знания, включен в эту систему.

"... Экспериментальные наблюдения получают научное значение только после определенной работы нашего ума, который, каким бы он ни был быстрым и гибким, всегда накладывает на сырой факт отпечаток наших стремлений и наших представлений" – Луи де Бройль. По тропам науки. - М., 1962. С. 164-165.

А. Эйнштейн считал предрассудком убеждение в том, будто факты сами по себе, без свободного теоретического построения, могут и должны привести к научному познанию. Собрание эмпирических фактов, как бы обширно оно ни было, без "деятельности ума" не может привести к установлению каких-либо законов и уравнений.

В понимании природы факта в современной методологии науки выделяются две крайние тенденции: **фактуализм и теоретизм**. Если первый подчеркивает независимость и автономность фактов по отношению к различным теориям, то второй, напротив, утверждает, что факты полностью зависят от теории и при смене теорий происходит изменение всего фактуального базиса науки. Верное решение проблемы состоит в том, что научный факт, обладая теоретической нагрузкой, относительно не зависит от теории, поскольку в своей основе он детерминирован материальной действительностью. Парадокс теоретической нагруженности фактов разрешается следующим образом. В формировании факта участвуют знания, которые проверены независимо от теории, а факты дают стимул для образования новых теоретических знаний. Последние в свою очередь – если они достоверны – могут снова участвовать в формировании новейших фактов, и т.д.

Говоря о важнейшей роли фактов в развитии науки, В.И. Вернадский писал: "Научные факты составляют главное содержание научного знания"

и научной работы. Они, если правильно установлены, бесспорны и общеобязательны. Наряду с ними могут быть выделены системы определенных научных фактов, основной формой которых являются эмпирические обобщения. Это тот основной фонд науки, научных фактов, их классификаций и эмпирических обобщений, который по своей достоверности не может вызвать сомнений и резко отличает науку от философии и религии. Ни философия, ни религия таких фактов и обобщений не создают». При этом недопустимо "выхватывать" отдельные факты, а необходимо стремиться охватить по возможности все факты (без единого исключения). Только в том случае, если они будут взяты в целостной системе, в их взаимосвязи, они и станут "упрямой вещью", "воздухом ученого", "хлебом науки". Вернадский В. И. О науке. Т. 1. Научное знание. Научное творчество. Научная мысль. - Дубна. 1997. С. 414-415.

Таким образом, **эмпирический опыт** никогда – тем более в современной науке – не бывает слепым: он **планируется, конструируется теорией**, а факты всегда так или иначе теоретически нагружены. Поэтому исходный пункт, начало науки – это, строго говоря, не сами по себе предметы, не голые факты (даже в их совокупности), а теоретические схемы, "концептуальные каркасы действительности". Они состоят из абстрактных объектов ("идеальных конструкторов") разного рода - постулаты, принципы, определения, концептуальные модели и т.п.

Согласно К. Попперу, абсурдом является вера в то, что мы можем начать научное исследование с "чистых наблюдений", не имея "чего-то похожего на теорию". Поэтому некоторая концептуальная точка

зрения совершенно необходима. Наивные же попытки обойтись без нее могут, по его мнению, только привести к самообману и к некритическому использованию какой-то неосознанной точки зрения. Даже тщательная проверка наших идей опытом сама в свою очередь, считает Поппер, вдохновляется идеями: эксперимент представляет собой планируемое действие, каждый шаг которого направляется теорией.

4.9.2. Методы научного познания

Изучая явления и связи между ними, эмпирическое познание способно обнаружить действие объективного закона. Но оно фиксирует это действие, как правило, **в форме эмпирических зависимостей**, которые следует отличать от теоретического закона как особого знания, получаемого в результате теоретического исследования объектов. Эмпирическая зависимость является результатом **индуктивного обобщения опыта** и представляет собой вероятностно-истинное знание. Эмпирическое исследование изучает явления и их корреляции, в которых оно может уловить проявление закона. Но в чистом виде он дается только в результате теоретического исследования.

Обратимся к методам, которые находят применение на эмпирическом уровне научного познания.

Наблюдение - это преднамеренное и целенаправленное восприятие явлений и процессов без прямого вмешательства в их течение, подчиненное задачам научного исследования. Основные требования к научному наблюдению следующие:

- 1) однозначность цели, замысла;
- 2) системность в методах наблюдения;
- 3) объективность;
- 4) возможность контроля либо путем повторного наблюдения, либо с помощью эксперимента.

Наблюдение используется, как правило, там, где вмешательство в исследуемый процесс нежелательно либо невозможно. Наблюдение в современной науке связано с широким использованием приборов, которые, во-первых, усиливают органы чувств, а во-вторых, снимают налет субъективизма с оценки наблюдаемых явлений. Важное место в процессе наблюдения (как и эксперимента) занимает операция измерения.

Измерение - есть определение отношения одной (измеряемой) величины к другой, принятой за эталон. Поскольку результаты наблюдения, как правило, приобретают вид различных знаков, графиков, кривых на осциллографе, кардиограмм и т.д., постольку важной составляющей исследования является интерпретация полученных данных. Особой сложностью отличается наблюдение в социальных науках, где его результаты во многом зависят от личности наблюдателя и его отношения к изучаемым явлениям. В социологии и психологии различают простое и соучастующее (включенное) наблюдение. Психологи наряду с этим используют и метод интроспекции (самонаблюдения).

Эксперимент, в отличие от наблюдения - это метод познания, при котором явления изучаются в контролируемых и управляемых условиях. Эксперимент, как правило, осуществляется на основе теории или гипотезы, определяющих постановку задачи и интерпретацию результатов. Преимущества эксперимента в сравнении с наблюдением состоят в том, во-первых, что оказывается возможным изучать явление, так сказать, в "чистом виде", во-вторых, могут варьироваться условия протекания процесса, в-третьих, сам эксперимент может многократно повторяться. Различают несколько видов эксперимента.

- 1) Простейший вид эксперимента - **качественный**, устанавливающий наличие или отсутствие предлагаемых теорий явлений.
- 2) Вторым, более сложным видом является измерительный или **количественный** эксперимент, устанавливающий численные параметры какого-либо свойства (или свойств) предмета, процесса.
- 3) Особой разновидностью эксперимента в фундаментальных науках является **мысленный** эксперимент.
- 4) Наконец: специфическим видом эксперимента является **социальный** эксперимент, осуществляемый в целях внедрения новых форм социальной организации и оптимизации управления. Сфера социального эксперимента ограничена моральными и правовыми нормами.

Наблюдение и эксперимент являются источником научных фактов, под которыми в науке понимаются особого рода предложения, фиксирующие эмпирическое знание. Факты - фундамент здания науки, они образуют эмпирическую основу науки, базу для выдвижения гипотез и создания теорий. Обозначим некоторые методы обработки и систематизации знаний эмпирического уровня. Это прежде всего анализ и синтез.

Анализ - процесс мысленного, а нередко и реального расчленения предмета, явления на части (признаки, свойства, отношения). Процедурой, обратной анализу, является синтез.

Синтез - это соединение выделенных в ходе анализа сторон предмета в единое целое.

Сравнение — познавательная операция, выявляющая сходство или различие объектов. Оно имеет смысл только в совокупности однородных предметов, образующих класс. Сравнение предметов в классе осуществляется по признакам, существенным для данного рассмотрения.

Описание — познавательная операция, состоящая в фиксировании результатов опыта (наблюдения или эксперимента) с помощью определенных систем обозначения, принятых в науке.

Значительная роль в обобщении результатов наблюдения и экспериментов принадлежит **индукции** (от лат. *inductio* - наведение), особому виду обобщения данных опыта. При индукции мысль исследователя движется от частного (частных факторов) к общему. Различают популярную и научную, полную и неполную индукцию. Противоположностью индукции является **дедукция**, движение мысли от общего к частному. В отличие от индукции, с которой дедукция тесно связана, она в основном используется на теоретическом уровне познания. Процесс индукции связан с такой операцией, как сравнение - установление сходства и различия объектов, явлений. Индукция, сравнение, анализ и синтез подготавливают почву для выработки

классификаций - объединения различных понятий и соответствующих им явлений в определенные группы, типы с целью установления связей между объектами и классами объектов. Примеры классификаций - таблица Менделеева, классификации животных, растений и т.д. Классификации представляются в виде схем, таблиц, используемых для ориентировки в многообразии понятий или соответствующих объектов.

При всем своем различии эмпирический и теоретический уровни познания взаимосвязаны, граница между ними условна и подвижна. Эмпирическое исследование, выявляя с помощью наблюдений и экспериментов новые данные, стимулирует теоретическое познание,

которое их обобщает и объясняет, ставит перед ним новые, более сложные задачи. С другой стороны, теоретическое познание, развивая и конкретизируя на базе эмпирии новое собственное содержание, открывает новые, более широкие горизонты для эмпирического познания, ориентирует и направляет его в поисках новых фактов, способствует совершенствованию его методов и средств и т.п.

Наука как целостная динамическая система знания не может успешно развиваться, не обогащаясь новыми эмпирическими данными, не обобщая их в системе теоретических средств, форм и методов познания. В определенных точках развития науки эмпирическое переходит в теоретическое и наоборот. Однако недопустимо абсолютизировать один из этих уровней в ущерб другому.

4.10. Теоретический уровень научного знания: методы и формы

Теоретический уровень научного познания характеризуется преобладанием рационального момента - понятий, теорий, законов и других форм мышления и "мыслительных операций".

Как писал А. Эйнштейн, «никакой логической путь не ведет от наблюдений к основным принципам теории».

Они возникают в сложном взаимодействии теоретического мышления и эмпирического познания реальности, в результате разрешения внутренних, чисто теоретических проблем, взаимодействия науки и культуры в целом.

Теоретическое познание отражает явления и процессы со стороны их **универсальных внутренних связей и закономерностей**, постигаемых путем рациональной обработки данных эмпирического знания. Эта обработка осуществляется с помощью **систем абстракций** "высшего порядка" - таких как **понятия, умозаключения, законы, категории, принципы и др.**

Теоретический уровень познания обычно расчленяется на **два типа** — фундаментальные теории и теории, которые описывают конкретную область реальности.

Важнейшая задача теоретического знания - достижение объективной истины во всей ее конкретности и полноте содержания.

4.10.1. Методы научного познания

Получение и обоснование объективно-истинного знания в науке происходит при помощи научных методов. **Метод** (от греч. *metodos* - путь исследования или познания) - совокупность правил, приемов и операций практического и теоретического освоения действительности. Основная функция метода в научном знании - внутренняя организация и регулирование процесса познания того или иного объекта. **Методология** определяется как система методов и как учение об этой системе, общая теория метода. Характер метода определяется многими факторами: предметом исследования, степенью общности поставленных задач, накопленным опытом, уровнем развития научного знания и т.д. В теории науки и методологии научного познания разработаны различные классификации методов.



Например, всеобщих методов в истории познания два: *диалектический и метафизический*. Это общеполитические методы.

- Диалектический метод - это метод познания действительности в ее противоречивости, целостности и развитии.
- Метафизический метод - метод, противоположный диалектическому, рассматривающий явления вне их взаимной связи и развития.

С середины 19-го века метафизический метод все больше и больше вытеснялся из естествознания диалектическим методом.

Общенаучные методы, которые применяются в человеческом познании вообще, анализ, синтез, абстрагирование, сравнение, индукция, дедукция, аналогия и др.



Одни общенаучные методы применяются только на эмпирическом уровне познания (наблюдение, эксперимент, измерение), другие – только на теоретическом уровне (абстрагирование, идеализация, формализация, индукция и дедукция), а некоторые (анализ и синтез, аналогия и моделирование) – как на эмпирическом, так и на теоретическом уровнях.

Абстрагирование - отвлечение от ряда свойств и отношений предметов. Результатом абстрагирования является выработка абстрактных понятий, характеризующих объекты с разных сторон.

В процессе познания используется и такой прием, как **аналогия** - умозаключение о сходстве объектов в определенном отношении на основе их сходства в ряде иных отношений.

С этим приемом связан **метод моделирования**, получивший особое распространение в современных условиях. Этот метод основан на принципе подобия. Его сущность состоит в том, что непосредственно исследуется не сам объект, а его аналог, его заместитель, его модель, а затем полученные при изучении модели результаты по особым правилам переносятся на сам объект. Моделирование используется в тех случаях, когда сам объект либо труднодоступен, либо его прямое изучение экономически невыгодно и т.д. **Различают следующие виды моделей:**

1) **Абстрактные модели** – идеальные конструкции, построенные средствами мышления (сознания). Данные модели являются своего рода конечной продукцией мышления, готовой для передачи другим субъектам. Очевидно, к абстрактным моделям относятся вербальные конструкции, символические отображения и математические описания. Вербальные модели, оперирующие определенными понятиями и категориями, получают расплывчатые результаты, которые трудно оценить. Нисколько не умаляя достоинств этого метода исследования, уместно указать на часто встречающийся недостаток «вербального» моделирования. Не пользующаяся математическими символами человеческая логика зачастую запутывается в словесных определениях и делает вследствие этого ошибочные выводы. Вскрыть эту ошибку за «музыкою» слов иногда стоит огромного труда и бесконечных, часто бесплодных, споров. Математическая модель предполагает использование математических понятий (таких как переменные, уравнения, матрицы, алгоритмы и т.д.). Типичная математическая модель – это уравнение либо система уравнений, описывающие зависимость между различными переменными и константами. Модели, построенные на основе математической формализации, обладают максимальной точностью. Но чтобы дойти до их использования в какой-либо области, необходимо получить достаточный для этого объем

достоверных знаний.

2) **Реальные модели** – материальные конструкции, полученные с помощью средств окружающего мира. Реальные модели бывают прямого подобия (например, макет города для оценки эстетического восприятия вновь возводимых сооружений) и косвенного подобия (например, организм подопытных животных в медицине как аналог человеческого организма).

3) **Информационные (компьютерные) модели** – это абстрактные, как правило, математические модели, имеющие реальное содержание. Информационные модели представляют реальность, и в то же время их поведение достаточно независимо от функционирования этой реальности. Тем самым информационные модели можно рассматривать как имеющие собственное бытие, как простейшую виртуальную реальность, наличие которой позволяет более глубоко и полно познавать исследуемые системы. Примерами информационных моделей служат модели, реализованные с помощью средств вычислительной техники.

Особым видом моделирования является включение в эксперимент не самого объекта, а его модели, в силу чего последний приобретает характер модельного эксперимента.

С моделированием органически связана **идеализация** - мысленное конструирование понятий, теорий об объектах, не существующих и не осуществимых в действительности, но таких, для которых существует близкий прообраз или аналог в реальном мире. С подобного рода идеальными объектами оперируют все науки - идеальный газ, абсолютно черное тело, общественно - экономическая формация, государство и т.д.

Дедукция – метод научного познания, представляющий собой получение частных выводов на основе общих знаний, вывод от общего к частному.

4.10.2. Теоретические методы научного познания

Формализация – отображение содержательного знания в знаково-символическом виде. При формализации рассуждения об объектах переносятся в плоскость оперирования со знаками (формулами), что

связано с построением искусственных языков (язык математики, логики, химии и т. п.). Формализация, таким образом, есть обобщение форм различных по содержанию процессов, абстрагирование этих форм от их содержания. Она уточняет содержание путем выявления его формы и может осуществляться с разной степенью полноты. Но, как показал австрийский логик и математик Гедель, в теории всегда остается невыявленный, неформализуемый остаток. Все более углубляющаяся формализация содержания знания никогда не достигнет абсолютной полноты. Это означает, что формализация внутренне ограничена в своих возможностях. Доказано, что всеобщего метода, позволяющего любое рассуждение заменить вычислением, не существует.

Аксиоматический метод – способ построения научной теории, при котором в ее основу кладутся некоторые исходные положения — аксиомы (постулаты), из которых все остальные утверждения этой теории выводятся из них чисто логическим путем и посредством доказательств.

Гипотетико-дедуктивный метод – метод научного познания, сущность которого заключается в создании системы дедуктивно связанных между собой гипотез, из которых в конечном счете выводятся утверждения об эмпирических фактах. Заключение, полученное на основе данного метода, неизбежно будет иметь вероятностный характер. *Общая структура гипотетико-дедуктивного метода:*

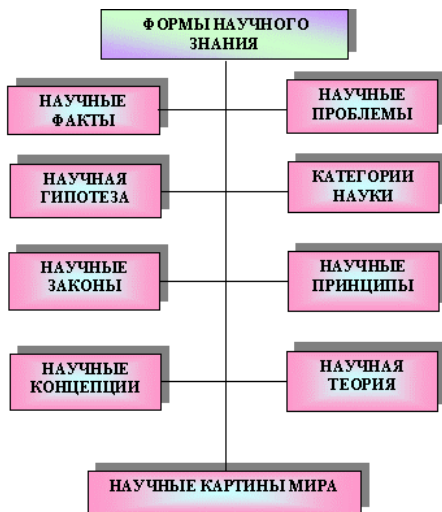
- а) ознакомление с фактическим материалом, требующим теоретического объяснения и попытка такового с помощью уже существующих теорий и законов. Если нет, то:
- б) выдвижение догадки (гипотезы, предположения) о причинах и закономерностях данных явлений с помощью разнообразных логических приемов;
- в) оценка основательности и серьезности предположений и отбор из множества из них наиболее вероятного;
- г) выведение из гипотезы (обычно дедуктивным путем) следствий с уточнением ее содержания;
- д) экспериментальная проверка выведенных из гипотезы следствий. Тут гипотеза или получает экспериментальное подтверждение, или опровергается. Однако подтверждение отдельных следствий не гарантирует ее истинности (или ложности) в целом. Лучшая по результатам проверки гипотеза переходит в теорию.

Восхождение от абстрактного к конкретному – метод теоретического исследования и изложения, состоящий в движении научной мысли от исходной абстракции через последовательные этапы углубления и расширения познания к результату – целостному воспроизведению теории исследуемого предмета. В качестве своей предпосылки данный метод включает в себя восхождение от чувственно-конкретного к абстрактному, к выделению в мышлении отдельных сторон предмета и их «закреплению» в соответствующих абстрактных определениях. Движение познания от чувственно-конкретного к абстрактному – это и есть движение от единичного к общему, здесь преобладают такие логические приемы, как анализ и индукция. Восхождение от абстрактного к мысленно-конкретному – это процесс движения от отдельных общих абстракций к их единству, конкретно-всеобщему, здесь господствуют приемы синтеза и дедукции.

Характерной чертой теоретического познания является его направленность на себя, **внутринаучная рефлексия**, т.е. *исследование самого процесса познания*, его форм, приемов, методов, понятийного аппарата и т.д. На основе теоретического объяснения и познанных законов осуществляется предсказание, научное предвидение будущего. *На теоретической стадии науки* преобладающим (по сравнению с живым созерцанием) является рациональное познание, которое наиболее полно и адекватно выражено в мышлении. **Мышление - осуществляющийся в ходе практики активный процесс обобщенного и опосредованного отражения действительности**, обеспечивающий раскрытие на основе чувственных данных ее закономерных связей и их выражение в системе абстракций (понятий, категорий и др.). Человеческое мышление осуществляется в теснейшей связи с речью, а его результаты фиксируются в языке как определенной **знаковой системе**, которая может быть естественной или искусственной (язык математики, формальной логики, химические формулы и т.п.).

4.10.3. Формы научного знания

К формам научного знания относят проблемы, научные факты, гипотезы, теории, идеи, принципы, категории и законы.



Факт, как явление действительности, становится научным фактом, если он прошел строгую проверку на истинность. Факты - это наиболее надежные аргументы как для доказательства, так и для опровержения каких-либо теоретических утверждений. И.П. Павлов называл факты «воздухом ученого». Однако при этом надо брать не отдельные факты, а всю, без исключения, совокупность фактов, относящихся к рассматриваемому вопросу. В противном случае возникает подозрение, что факты подобраны произвольно.

Научные проблемы - это

осознанные вопросы, для ответа на которые имеющихся знаний недостаточно. Ее можно определить и как «знание о незнании».

Научная гипотеза - такое предположительное знание, истинность или ложность которого еще не доказано, но которое выдвигается не произвольно, а при соблюдении ряда требований, к которым относятся следующие.

- 1. Отсутствие противоречий. Основные положения предлагаемой гипотезы не должны противоречить известным и проверенным фактам. (При этом следует учитывать, что бывают и ложные факты, которые сами нуждаются в проверке).
- 2. Соответствие новой гипотезы надежно установленным теориям. Так, после открытия закона сохранения и превращения энергии все новые предложения о создании «вечного двигателя» более не рассматриваются.
- 3. Доступность выдвигаемой гипотезы экспериментальной проверке, хотя бы в принципе (см. ниже - принцип верифицируемости).
- 4. Максимальная простота гипотезы.

Категории науки - это наиболее общие понятия теории, характеризующие существенные свойства объекта теории, предметов и явлений объективного мира. Например, важнейшими категориями являются материя, пространство, время, движение, причинность, качество, количество, причинность и т.п.

Законы науки отражают существенные связи явлений в форме теоретических утверждений. Принципы и законы выражаются через соотношение двух и более категорий.

Научные принципы - наиболее общие и важные фундаментальные положения теории. Научные принципы играют роль исходных, первичных посылок и закладываются в фундамент создаваемых теорий. Содержание принципов раскрываются в совокупности законов и категорий.

Научные концепции - наиболее общие и важные фундаментальные положения теорий.

Научная теория - это систематизированные знания в их совокупности. Научные теории объясняют множество накопленных научных фактов и описывают определенный фрагмент реальности (например, электрические явления, механическое движение, превращение веществ, эволюцию видов и т.п.) посредством системы законов. Главное отличие теории от гипотезы - достоверность, доказанность. сам термин теория имеет множество смыслов. Теория в строго научном смысле - это система уже подтвержденного знания, всесторонне раскрывающая структуру, функционирование и развитие изучаемого объекта, взаимоотношение всех его элементов, сторон и теорий.

Научная картина мира - это система научных теорий, описывающая реальность.

4.11. Проблема как форма научного познания

Началом исследовательского поиска большинство методологов считает выявление проблемной ситуации и постановку проблемы. К. Поппер утверждал, что познание не начинается с наблюдений и фактов, «оно начинается с проблем», с напряженности между знанием и незнанием. Сама проблема возникает из открытия, что с нашим знанием что-то не в порядке, существует какое-то внутреннее противоречие. **Развитие науки есть переход от одних проблем к другим** - от менее глубоких к более глубоким. Проблемы возникают, по его мнению, либо как следствие противоречия в отдельной теории, либо при столкновении двух различных теорий, либо в результате столкновения теории с наблюдениями.

Проблема - это в широком смысле сложный практический или теоретический вопрос, требующий разрешения; в узком смысле - ситуация, характеризующаяся недостаточностью средств для достижения некоторой цели.

Проблема - форма теоретического знания, содержанием которой является то, что еще не познано человеком, но что нужно познать. Иначе говоря, это знание о незнании.

Проблема не есть застывшая форма знания, а процесс, включающий два основных момента (этапа движения познания) - ее постановку и решение. Правильное выведение проблемного знания из предшествующих фактов и обобщений, умение верно поставить проблему - необходимая предпосылка ее успешного решения.

"Формулировка проблемы часто более существенна, чем ее разрешение, которое может быть делом лишь математического или экспериментального искусства. Постановка новых вопросов, развитие новых возможностей, рассмотрение старых проблем под новым углом зрения требуют творческого воображения и отражают действительный успех в науке" [Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. - М., 1965. С. 78].

Тем самым научная проблема выражается в **наличии противоречивой** ситуации (выступающей в виде противоположных позиций), которая требует соответствующего разрешения.

В. Гейзенберг отмечал, что при постановке и решении научных проблем необходимо следующее:

- а) определенная **система понятий**, с помощью которых исследователь будет фиксировать те или иные феномены;
- б) **система методов**, избираемая с учетом целей исследования и характера решаемых проблем;
- в) опора на **научные традиции**, поскольку "в деле выбора проблемы традиция, ход исторического развития играют существенную роль", хотя, конечно, определенное значение имеют интересы и наклонности самого ученого. [Гейзенберг В. Шаги за горизонт. - М., 1987. С. 228].

Определяющее влияние на способ постановки и решения проблемы имеют, во-первых, характер мышления той эпохи, в которую формулируется проблема, и, во-вторых, уровень знания о тех объектах, которых касается возникшая проблема. Каждой исторической эпохе свойственны свои характерные формы проблемных ситуаций.

Научные проблемы следует отличать от ненаучных (псевдопроблем), например, проблема создания вечного двигателя. Решение какой-либо конкретной проблемы есть существенный момент развития знания, в ходе которого возникают новые проблемы, а также выдвигаются те или иные концептуальные идеи, в том числе и гипотезы. Наряду с теоретическими, существуют и практические проблемы.

Проблемы **бывают:**

1) **неразвитые** – это задачи, которые характеризуются след чертами:

- это нестандартная задача, для решения которой не известен алгоритм,
- задача, которая возникла как закономерный результат познания,
- задача – решение которой направлено на устранение противоречия, возникшего в познании, а также на устранение несоответствия между потребностями и наличием средств для их удовлетворения,
- задача, путей решения которой не видно.

2) Задача, которая характеризуется тремя первыми из указанных выше черт, а также содержит более или менее конкретные указания на пути решения, называется **развитой проблемой**. Собственно, проблемы делятся на виды по степени конкретности указания на пути их решения. Таким образом, развитая проблема – это знание о некотором не знании, дополненное определенным указанием путей устранения этого незнания.

Формулировка проблемы включает три части:

- 1) систему утверждений (дано);
- 2) вопрос или побуждение (найти);
- 3) систему указаний на возможные пути решения.

В формулировке не развитой проблемы последняя часть отсутствует.

Проблема как процесс развития знания состоит из **нескольких ступеней**:

- 1) формирование неразвитой проблемы;
- 2) развитие проблемы – формирование развитой проблемы путем постепенной конкретизации путей ее решения;
- 3) решение (или установление неразрешимости) проблемы

4.12. Гипотеза и теория как формы научного знания

Рассматривая теоретическое познание как высшую и наиболее развитую его форму, следует прежде всего определить его **структурные компоненты**. К числу основных из них относятся **проблема, гипотеза, теория и закон, выступающие вместе с тем как**

формы, "узловые моменты" построения и развития знания на теоретическом его уровне.

4.12.1. ПОНЯТИЕ ТЕОРИИ И ЕЕ СТРУКТУРА

Теория - это форма организации научного знания, дающая целостное представление о закономерностях некоторой области действительности.

Теория как форма научного знания направлена на обнаружение закономерностей того или иного фрагмента действительности. Построение научной теории — это процесс, координируемый научными целями и задачами. Теория появляется в результате длительного поиска научных фактов, выдвижения гипотез, формулирования вначале простейших эмпирических, а затем — фундаментальных теоретических законов.

В современной методологии науки выделяют следующие **основные элементы структуры теории:**

- 1) **Исходные основания** — фундаментальные понятия, принципы, законы, уравнения, аксиомы и т. п.
- 2) **Идеализированный объект** — абстрактная модель существенных свойств и связей изучаемых предметов (например, «абсолютно черное тело», «идеальный газ» и т. п.).
- 3) **Логика теории** — совокупность определенных правил и способов доказательства, нацеленных на прояснение структуры и изменения знания.
- 4) **Философские установки**, социокультурные и ценностные факторы.
- 5) **Совокупность законов и утверждений, выведенных в качестве следствий** из основоположений данной теории в соответствии с конкретными принципами.

4.12.2. РАЗНЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕОРИЙ

Многообразию форм идеализации и соответственно типов идеализированных объектов соответствует и многообразие видов (типов) теорий, которые могут быть классифицированы по разным

основаниям (критериям). В зависимости от этого могут быть выделены теории: описательные, математические, дедуктивные и индуктивные, фундаментальные и прикладные, формальные и содержательные, «открытые» и «закрытые», объясняющие и описывающие (феноменологические), физические, химические, социологические, психологические и т. д.

Для современной (постнеклассической) науки характерны усиливающаяся математизация ее теорий (особенно естественнонаучных) и возрастающий уровень их абстрактности и сложности.

По степени точности предсказаний теории бывают детерминистские и стохастические. Первые отличаются точностью и достоверностью предсказаний, но, в силу сложности многих явлений и процессов в мире и наличия значительной доли неопределенности, применяются редко. Стохастические теории дают вероятные предсказания, основанные на изучении случайностей.

Теории естественнонаучного типа называют *позитивными*, поскольку их задачей является объяснение фактов. Если же теория ставит своей целью не только объяснение, но и понимание объектов и событий, её называют *нормативной*. Она имеет дело с ценностями, которые не могут быть научными фактами в классическом смысле этого слова. Поэтому часто высказываются сомнения в научном статусе философских, этических, социологических теорий.

А. Эйнштейн различал в физике два основных типа теорий — конструктивные и фундаментальные. Большинство физических теорий, по его мнению, является конструктивными, т.е. их задачей является построение картины сложных явлений на основе некоторых относительно простых предположений. Исходным пунктом и основой фундаментальных теорий являются не гипотетические положения, а эмпирически найденные общие свойства явлений, принципы, из которых следуют математически сформулированные критерии, имеющие всеобщую применимость.

По форме теория предстает как **система непротиворечивых, логически взаимосвязанных утверждений.**

Любая теоретическая система, как показал К. Поппер, должна удовлетворять двум основным требованиям:

- а) **непротиворечивости** (т.е. не нарушать соответствующий закон формальной логики) и фальсифицируемости – **опровержимости**,
б) опытной экспериментальной проверяемости.

Поппер сравнивал теорию с сетями, предназначенными улавливать то, что мы называем реальным миром, для осознания, объяснения и овладения им.

Истинная теория должна, во-первых, соответствовать всем (а не некоторым) реальным фактам, а во-вторых, следствия теории должны удовлетворять требованиям практики. **Теория, по Попперу, есть инструмент, проверка которого осуществляется в ходе его применения и о пригодности которого судят по результатам такого применения.**

Теории опираются на специфический категориальный аппарат, систему принципов и законов. Развитая теория открыта для описания, интерпретации и объяснения новых фактов, а также готова включить в себя дополнительные метатеоретические построения. Задача ученого-теоретика создать теорию или сформулировать концепцию на основе «материи мысли», эмпирик же привязан к данным опыта и может позволить себе лишь обобщение и классификацию.

Развитая теория представляет собой не просто совокупность связанных между собой положений, но содержит в себе механизм концептуального движения, внутреннего развертывания содержания, включает в себя программу построения знания. В этой связи говорят о целостности теории.

4.12.3. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ

Теории могут быть получены разным путем:

1) **Формализации;**

Этот прием заключается в построении абстрактно-матем. моделей. При формализации рассуждения об объектах переносятся в плоскость оперирования со знаками (формулами). (Широко применяется в математике, логике, соврем. лингвистике).

2) **Аксиоматически построенные;**

Сначала задается набор исходных положений, не требующих доказательств. Потом – вывод из них. Совокупность исходных аксиом и выводов из них образует аксиоматически построенную теорию.

Развитие аксиом. метода привело к построению формализованных аксиом. систем. С помощью его создается абстрактная знаковая модель, кот. интерпретируется на различных системах объектов. 1931г. К.Гедель доказал теорему о принципиальной неполноте достаточно развитых формальных систем. Нельзя всю математику представить как единую аксиом. систему, что, однако, не исключает аксиоматизацию ее отдельных ре (зарождение и проверка новых гипотез).

Развитое теоретическое знание строится не «снизу» за счет индуктивных обобщений научных фактов, а развертывается как бы «сверху» по отношению к эмпирическим данным. Метод построения знания состоит в том, что сначала создается гипотетическая конструкция, кот. дедуктивно развертывается, образуя систему гипотез, затем система подвергается опытной проверке, в ходе кот. она уточняется и конкретизируется. В этом и заключается сущность гипотетико-дедуктивного развертывания теории.

4.12.4. ФУНКЦИИ

Выделяют следующие функции теории:

- 1) **информативная функция.** В результате эмпирического познания выявляются факты и их обобщения; в ходе дальнейшего исследования открываются соответствующие законы. С их помощью выводятся результаты наблюдений. Информация, находящаяся в законах и научных теориях, служит для предсказания будущих событий или практического действия;
- 2) **систематизирующая функция.** Данная функция теории определяется синтетическим характером научного знания. Теория стремится так организовать и упорядочить эмпирический материал, чтобы его основная часть могла быть логически выведена из небольшого числа основных законов и принципов. Это является одним из важнейших результатов научного познания. Чем глубже развита наука, тем выше уровень систематизации. Теоретическая систематизация дает ряд преимуществ: установление связи между различными обобщениями, гипотезами в рамках теории помогает определению границ их применимости; с помощью этого процесса уточняются ранее установленные обобщения и законы и др.;
- 3) **прогностическая функция** теории. Для создания теории, служащей практике, нужно предвидеть ход будущих событий, постараться выявить их тенденции и закономерности. Именно поэтому данная функция является важной для любой подлинной научной теории;
- 4) **объяснение как функция** теории.

4.12.5. ГИПОТЕЗА

В современной методологии термин "гипотеза" употребляется в двух основных значениях:

- а) форма теоретического знания, характеризующаяся проблематичностью и недостоверностью;
- б) метод развития научного знания.

Гипотеза - форма теоретического знания, содержащая предположение, сформулированное на основе ряда фактов, истинное значение которого неопределенно и нуждается в доказательстве. Гипотетическое знание носит вероятный, а не достоверный характер и требует проверки, обоснования.

В ходе доказательства выдвинутых гипотез:

- а) одни из них становятся истинной теорией,
- б) другие видоизменяются, уточняются и конкретизируются,
- в) третьи отбрасываются, превращаются в заблуждения, если проверка дает отрицательный результат.

Выдвижение новой гипотезы, как правило, опирается на результаты проверки старой, даже в том случае, если эти результаты были отрицательными.

Так, например, стадию гипотезы прошли и открытый Д.И. Менделеевым периодический закон, и теория Дарвина, и др. Велика роль гипотез в современной астрофизике, геологии и других науках, которые окружены "лесом гипотез".

Выдающиеся ученые хорошо понимали важную роль гипотезы для научного познания. Д.И. Менделеев считал, что в организации целеустремленного, планомерного изучения явлений ничто не может заменить построения гипотез. *"Они, - писал великий русский химик, - науке и особенно ее изучению необходимы. Они дают стройность и простоту, каких без их допущения достичь трудно. Вся история наук это показывает. А потому можно смело сказать: лучше держаться такой гипотезы, которая может со временем стать верной, чем никакой"* Менделеев Д. И. Основы химии. Т. 1. М.; Л. 1947.

Согласно Менделееву, гипотеза является необходимым элементом

естественнонаучного познания, которое обязательно **включает в себя**:

- а) собрание, описание, систематизацию и изучение фактов;
- б) составление гипотезы или предположения о причинной связи явлений;
- в) опытную проверку логических следствий из гипотез;
- г) превращение гипотез в достоверные теории или отбрасывание ранее принятой гипотезы и выдвижение новой.

4.12.6. КЛАССИФИКАЦИЯ ГИПОТЕЗ

Говоря о гипотезах, нужно иметь в виду, что существуют различные их виды. Характер гипотез определяется во многом тем, по отношению к какому объекту они выдвигаются. Так, **выделяют гипотезы *общие, частные и рабочие***.

- Первые - это **обоснованные предположения о закономерностях различного рода связей между явлениями**. Общие гипотезы - фундамент построения основ научного знания.
- Вторые - это тоже **обоснованные предположения о происхождении и свойствах единичных фактов, конкретных событий и отдельных явлений**.
- Третьи - это **предположение, выдвигаемое, как правило, на первых этапах исследования и служащее его направляющим ориентиром, отправным пунктом дальнейшего движения исследовательской мысли**.

Существуют и так называемые "**ad hoc-гипотезы**" (от лат. ad hoc - к этому, для данного случая). Каждая из них – это предположение, выдвинутое с целью решения стоящих перед испытываемой теорией задач и оказавшееся в конечном итоге ошибочным вариантом ее развития. Обычно такие гипотезы являются нарушением общепризнанных критериев научности. Однако ученые иногда сознательно идут на нарушение этих критериев, прибегая к помощи ad hoc-гипотез "во имя спасения" испытываемой теории, которая сталкивается с конкретными трудностями (невозможность предсказания новых фактов, адаптации к новым экспериментальным данным и др.).

Наука нередко вынуждена принимать две или более конкурирующие

рабочие гипотезы, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки. Поскольку такие гипотезы несовместимы, то, наука стремится примирить их путем создания новой гипотезы с более широкой сферой применения. При этом выдвинутая новая гипотеза должна быть подвергнута критике с ее же собственной точки зрения.

Таким образом, гипотеза может существовать лишь до тех пор, пока не противоречит достоверным фактам опыта, в противном случае она становится просто фикцией. Она проверяется (верифицируется) соответствующими опытными фактами (в особенности экспериментом), получая характер истины. *Гипотеза является плодотворной, если может привести к новым знаниям и новым методам познания, к объяснению широкого круга явлений.*

Говоря об отношении гипотез к опыту, можно выделить три их типа:

- а) гипотезы, возникающие непосредственно для объяснения опыта;
- б) гипотезы, в формировании которых опыт играет определенную, но не исключительную роль;
- в) гипотезы, которые возникают на основе обобщения только предшествующих концептуальных построений.

4.12.7. ОСОБЕННОСТЬ НАУЧНОЙ ГИПОТЕЗЫ

Как форма теоретического знания гипотеза должна отвечать некоторым общим условиям, которые необходимы для ее возникновения и обоснования и которые нужно соблюдать при построении любой научной гипотезы вне зависимости от отрасли знания.

Такими **непременными условиями** являются следующие:

1. Выделяемая гипотеза должна **соответствовать установленным в науке законам.** Например, ни одна гипотеза не может быть плодотворной, если она противоречит закону сохранения и превращения энергии.

2. Гипотеза должна быть **согласована с фактическим материалом,** на базе которого и для объяснения которого она выдвинута. Иначе говоря, она должна объяснить все имеющиеся достоверные факты. Но если какой-либо факт не объясняется данной гипотезой, последнюю не следует сразу отбрасывать, а нужно более внимательно изучить прежде

всего сам факт, искать новые - более лучшие и достоверные факты.

3. Гипотеза **не должна содержать в себе противоречий**, которые запрещаются законами формальной логики. Но противоречия, являющиеся отражением объективных противоречий, не только допустимы, но и необходимы в гипотезе (такой, например, была гипотеза Луи де Бройля о наличии у микрообъектов противоположных - корпускулярных и волновых - свойств, которая затем стала теорией).

4. Гипотеза **должна быть простой**, не содержать ничего лишнего, чисто субъективистского, никаких произвольных допущений, не вытекающих из необходимости познания объекта таким, каков он в действительности. Но это условие не отменяет активности субъекта в выдвигании гипотез.

5. Гипотеза **должна быть приложимой к более широкому классу исследуемых родственных объектов**, а не только к тем, для объяснения которых она специально была выдвинута.

6. Гипотеза должна **допускать возможность ее подтверждения или опровержения**: либо прямо - непосредственное наблюдение тех явлений, существование которых предполагается данной гипотезой (например, предположение Леверье о существовании планеты Нептун); либо косвенно - путем выведения следствий из гипотезы и их последующей опытной проверки (т.е. сопоставления следствий с фактами). Однако второй способ сам по себе не позволяет установить истинность гипотезы в целом, он только повышает ее вероятность.

Развитие научной гипотезы может происходить в трех основных направлениях.

- Во-первых, уточнение, конкретизация гипотезы в ее собственных рамках.
- Во-вторых, самоотрицание гипотезы, выдвигание и обоснование новой гипотезы. В этом случае происходит не усовершенствование старой системы знаний, а ее качественное изменение.
- В-третьих, превращение гипотезы как системы вероятного знания - подтвержденной опытом - в достоверную систему знания, т.е. в научную теорию.

Гипотеза как метод развития научно-теоретического знания **в своем применении проходит следующие основные этапы:**

1. **Попытка объяснить изучаемое явление** на основе известных фактов и уже имеющихся в науке законов и теорий. Если такая попытка не удастся, то делается дальнейший шаг.
2. **Выдвигается догадка**, предположение о причинах и закономерностях данного явления, его свойств, связей и отношений, о его возникновении и развитии и т.п. На этом этапе познания выдвинутое положение представляет собой вероятное знание, еще не доказанное логически и не настолько подтвержденное опытом, чтобы считаться достоверным. Чаще всего выдвигается несколько предположений для объяснения одного и того же явления.
3. **Оценка основательности**, эффективности выдвинутых предположений и **отбор** из множества наиболее вероятного на основе указанных выше условий обоснованности гипотезы.
4. **Развертывание выдвинутого предположения в целостную систему знания** и дедуктивное выведение из него следствий с целью их последующей эмпирической проверки.
5. **Опытная, экспериментальная проверка** выдвинутых из гипотезы следствий. В результате этой проверки гипотеза либо "переходит в ранг" научной теории, или опровергается, "сходит в научной сцены".

Однако следует иметь в виду, что эмпирическое подтверждение следствий из гипотезы не гарантирует в полной мере ее истинности, а опровержение одного из следствий не свидетельствует однозначно о ее ложности в целом. Эта ситуация особенно характерна для научных революций, когда происходит коренная ломка фундаментальных концепций и методов и возникают принципиально новые (и зачастую "сумасшедшие", по словам Н. Бора) идеи.

Таким образом, решающей **проверкой истинности гипотезы** является в конечном счете **практика** во всех своих формах, но определенную (вспомогательную) роль в доказательстве или опровержении гипотетического знания играет и логический (теоретический) критерий истины. **Проверенная и доказанная гипотеза переходит в разряд достоверных истин, становится научной теорией.**

Благодаря выдвижению гипотезы намечаются только общие контуры концептуальной структуры теории, обоснование же гипотезы в

основных чертах завершает формирование этой структуры.

Следует иметь в виду, что, во-первых, сам поиск гипотезы не может быть сведен только к методу проб и ошибок, как полагал К. Поппер. ***В формировании гипотезы существенную роль играют принятые исследователем идеалы познания, картина мира, его ценностные и иные установки, которые целенаправленно направляют творческий поиск.***

Во-вторых, операции формирования гипотезы не могут быть перемещены целиком в сферу индивидуального творчества ученого. Эти операции становятся достоянием индивида постольку, поскольку его мышление, воображение, фантазия и другие познавательные способности всегда ***формируются в контексте культуры***, в которой транслируются образцы научных знаний и образцы деятельности по их производству.

5. Структура знаний

5.1. Структура научного знания, уровни и формы научного знания

В структуре научного знания выделяют **три уровня: эмпирический, теоретический и метатеоретический.**

На **эмпирическом** уровне знание (познание) осуществляется в процессе непосредственного взаимодействия с объектом. Объект исследования здесь отражается преимущественно со стороны своих внешних связей и проявлений. Характерными чертами эмпирического познания являются частичность, фрагментарность, вероятностный характер. Здесь преобладает чувственный момент познания, однако рациональный момент также присутствует, но имеет подчиненное значение. Задачей эмпирического уровня является сбор и первичное обобщение фактов, описание данных и наблюдения и эксперимента, их систематизация и классификации. Научное знание на эмпирическом уровне выступает в форме научного факта - доказанного знания о характеристиках, свойствах изучаемого объекта. Собранные и систематизированные научные факты образуют эмпирический базис

науки, который является основой для теоретического уровня научного познания.

Теоретический уровень - уровень познания, на котором при опоре на эмпирическую базу, явления изучаемой предметной области отражаются со стороны своих внутренних и существенных связей и закономерностей. Научное знание на этом уровне выступает в форме проблемы, гипотезы, закона, теории.

Проблема - форма научного знания, содержанием которой является то что еще не познано человеком (знание о незнании). Проблема возникает тогда, когда открыто новое явление, которое не поддается объяснению в системе имеющегося знания.

Гипотеза - форма научного знания, содержащая предположение, сформулированное на основе ряда фактов, истинное значение которого неопределено и нуждается в доказательстве.

Закон - знание, в котором в форме теоретических утверждений отражаются существенные, необходимые и повторяющиеся связи явлений.

Теория - целостная, непротиворечивая, обобщенная система знаний, раскрывающая существенные связи и отношения между элементами исследуемой реальности и описывающая их посредством системы законов. На основе теории достигается объяснение и предсказание новых явлений.

Следует отметить, что эмпирический и теоретический уровни взаимосвязаны, и граница между ними условна и весьма подвижна.

Метатеоретический уровень включает методологию и философию науки. **Методология науки** - это учение о методах, формах и внутренних механизмах научного познания. Предметом методологии научного познания являются:

- методы и операции научного исследования;
- формы научного познания;
- нормы и идеалы науки.

В самом общем смысле **метод - есть совокупность определенных правил, приемов, способов, норм познания и действия. Метод представляет собой систему предписаний, принципов, требований, которые ориентируют субъекта познания на достижение определенного результата.**

Основания для классификации методов могут быть различными. Традиционно методы научного познания классифицируются по формальным признакам: здесь выделяются общелогические методы, которые используются как на эмпирическом, так и на теоретическом уровнях (анализ, синтез, обобщение, абстрагирование, индукция, дедукция и т.п.), и по содержательным аспектам - методы эмпирического и теоретического исследования.

К эмпирическим методам исследования относят: наблюдение, эксперимент, измерение, описание. **Наблюдение** - целенаправленное, планомерное восприятие, осуществляемое с целью выявления отдельных свойств и отношений объекта познания. Наблюдение позволяет фиксировать лишь то, что раскрывает объект исследования.

Эксперимент - это метод исследования состоящий в целенаправленном, активном вмешательстве в протекание изучаемого процесса, при котором происходит соответствующее изменение объекта или его воспроизведение в определенных условиях, отвечающим целям исследования. Для эксперимента характерны: контролируемость и возможность многократного повторения.

Описание - фиксирование средствами естественного или искусственного языка результатов наблюдения или эксперимента.

Измерение - совокупность познавательных операций средством средств измерений с целью нахождения числового значения измеряемой величины в принятых единицах измерения.

К методам теоретического исследования относят:

- формализацию;
- аксиоматический метод;
- гипотетико-дедуктивный метод;
- восхождение от абстрактного к конкретному и т.д.

Формализация - выражение содержания знания в знаково-символическом виде (формализованном языке). Это необходимо для более точного выражения мыслей, исключения неоднозначного понимания.

Аксиоматический метод - способ построения научной теории, когда в ее основу кладутся некоторые исходные положения из которых при помощи специальных правил вывода исходят все остальные положения этой теории.

Гипотетико-дедуктивный метод - создание системы дедуктивно связанных между собой гипотез, из которых выводятся утверждения об эмпирических фактах. Эти заключения, в силу того, что они строятся на гипотезах, носят вероятностный характер.

Восхождение от абстрактного к конкретному - метод теоретического исследования, заключающийся в движении от отдельных общих абстракций к их единству, конкретно-всеобщему. Здесь отражается противоречивое развитие самого предмета исследования.

К общелогическим методам относят:

- сравнение;
- анализ;
- синтез;
- абстрагирование;
- обобщение;
- индукцию;
- дедукцию;
- аналогию;
- моделирование и др.

Анализ - метод познания, заключающийся в разделении объекта познания на составные части, которые исследуются самостоятельно относительно целого.

Синтез - метод познания, при котором происходит соединение выделенных составных частей объекта в единое целое с учетом знаний, полученных при анализе.

Абстрагирование - метод познания, при котором происходит мысленное отвлечение от ряда признаков, свойств объекта, считающихся несущественными для данного исследования при одновременном выделении интересующих исследователя свойств и признаков объекта.

Обобщение - метод познания, посредством которого устанавливаются общие признаки, свойства и отношения предмета.

Индукция - метод познавательной деятельности, при котором общий вывод делается на основе единичных фактов или посылок.

Дедукция - метод познания, состоящий в том, что из общих утверждений делаются заключения частного характера.

Аналогия - метод познания, суть которого заключается в установлении сходства в некоторых свойствах, признаках, отношениях между различными объектами.

Моделирование - метод исследования, состоящий в исследовании аналога того или иного фрагмента действительности (модели), в котором воспроизводятся структура, функции, характеристики самого фрагмента реальности (оригинала модели).

Целостность многообразия научного знания обеспечивается не только взаимосвязью теоретического и эмпирического уровней, но также и, наличием так называемых оснований научного знания. К ним относятся научная картина мира, идеалы и нормы научного исследования и философские основания науки.

Идеалы и нормы науки включают в себя:

- идеалы и нормы научного объяснения и описания; идеалы и нормы научного доказательства;
- идеалы и нормы построения и организации-научного знания.

Целостное единство идеалов и норм научного исследования, существующих на определенном этапе развития науки, выражает понятие стиль научного мышления. Стиль научного мышления - это обобщенная характеристика конкретного исторического типа методологических средств и норм научного познания. Можно

выделить классический, неклассический, постнеклассический стили научного мышления. Характер идеалов и нормы науки определяется предметом исследования, спецификой изучаемых объектов, а содержание всегда формируется в конкретном социокультурном контексте. При переходе на новый этап научного исследования, к примеру, от классического к неклассическому, кардинально меняются его идеалы и нормы исследования. Так, нормативы объяснения и обоснования знания в классическом естествознании отличны от современных.

Научная картина мира - это идеальная знаковая модель исследуемой реальности, построенная на основе совокупного научного знания. Научная картина мира выступает не просто как форма систематизации научного знания, но и как исследовательская программа, которая определяет задачи эмпирического и теоретического исследования, а также выбор средств их решения. Истории научного познания сопровождалась периодической сменой картин мира. А это означало смену так называемых научных парадигм.

Понятие «**парадигма**» (с греч. - пример, образец) было введено американским историком науки Т. Куном. Оно обозначает **определенную совокупность общепринятых в научном сообществе на конкретном этапе идеалов и нормы научного исследования, которые в течение определенного времени задают модель, образец постановки и решения научных проблем.** В различные исторические периоды времени функционируют различные научные картины мира. При смене парадигм изменяются основополагающие представления о мире, о фундаментальных объектах мира, об общих закономерностях их взаимодействия, дается новое толкование базовым понятиям. Смена парадигм - это революционный сдвиг в науке, выход ее на новые этапы развития.

Третьим компонентом оснований науки являются философские основания. Содержание философских оснований науки выражено, во-первых, в философских принципах, отражающих фундаментальные предпосылки и общую направленность познавательных процессов. Во-вторых, в нормах научной познавательной деятельности, фиксируемых в принципах наблюдаемости, воспроизводимости, простоты и др. Философские основания науки выполняют мировоззренческую функцию. Это блок наиболее общих представлений об исследуемой реальности, определяющий основные характеристики способа ее

познавательного освоения, которые конкретизируются в идеалах, нормах и методах научного исследования, а также в формах предметного знания.

5.2. Эмпирический уровень научного познания.

Эмпирическое знание – первичное научное знание, которое получается при контакте с изучаемым объектом. Эмпирия (лат.) – опыт.

На негативном опыте (ошибках) учатся.

Эмпирическое знание – описательное.

Наука, 3 функции: описание, объяснение и предсказание.

Эмпирический уровень: объяснение отсутствует, но предсказывать можно (если видим, что медь расширяется при нагревании, то можно предсказать, что и другие металлы тоже).

Методы получения знания: эмпирическое исследование осуществляется при помощи наблюдения, эксперимента и измерения.

Наблюдение – присутствует не только при реальном контакте с объектом, но и в нашем воображении (знаковое наблюдение – чтение, математика).

Вначале наблюдение предшествуют познанию, мы формулируем проблему. Мы можем высказать гипотезу. Наблюдение в конце исследования носит проверочный характер нашей теории.

В структуру наблюдения включают: объект, наблюдатель, условия наблюдения, приборы (инструменты), базисные знания.

Научное наблюдение требует протоколирование всех явлений (чтобы учёного могли проверить).

Наблюдения: прямые (объект доступен) и косвенные (объект не доступен, доступны только его следы и т.п., которые он оставил).

Апробация (лат.) – одобрение (оно не от слова «проба»).

Измерение: прямое (измерение длины), косвенное (времени, температуры; температура – энергия движения молекул).

Измерение в науке проводится многократно. Так как все величины будут разные в измерении. Каждый конкретный результат – среднее значение (также считается погрешность).

Эксперимент – активное воздействие на объект. Задача: поиск (не знаем, что будет) или проверяем уже существующую гипотезу

Эмпирическое знание имеет логическую форму понятия. Когда мы связываем два эмпирических понятия или явления, то получаем законом (чем больше объём, тем меньше давление и пр.).

Эмпирическое знание – первое и последнее научное знание (Конт, Мах, это мнение позитивистов). Теоретическое знание не содержит нового знания по их мнению.

Но учёный не может быть эмпириком, так как использует язык (а язык абстрактен, он использует понятия, которые нельзя потрогать).

Факт – почти то же самое, что и теория (и то и другое – одно знание). Факт нуждается в интерпретации. Интерпретация факта вкладывает в него значение. У факта всегда много интерпретаций.

Структура факта: то, что мы переживаем (психологический компонент); то, что мы высказали (лингвистический компонент); само событие.

Факты, роль в науке: источник и проверка. Факты должны подтверждать знания. Постпозитивизм (Попер): факт не может подтверждать, но может опровергать теорию.

Локатор: любое научное знание – предположение (оно не может опровергаться и подтверждаться). Цель заменять старые предположения (догадки) новыми. А о том, что новые лучше старых мы «догадываемся».

Научные знания представляют собой сложную развивающуюся систему, в которой по мере эволюции возникают все новые уровни организации. Они оказывают обратное воздействие на ранее сложившиеся уровни знания и трансформируют их. В этом процессе постоянно возникают новые приемы и способы теоретического исследования, меняется стратегия научного поиска.

Существует два вида организации знания: эмпирический и теоретический. Соответственно можно выделить два типа познавательных процедур, порождающих эти знания.

Обращаясь к философскому аспекту этого вопроса необходимо отметить таких философов Нового Времени, как Ф.Бэкон, Т.Гоббс и Д.Локк. Фрэнсис Бэкон говорил, что путем, ведущим к знанию, является наблюдение, анализ, сравнение и эксперимент. Джон Локк полагал, что все наши знания мы черпаем из опыта и ощущений.

Различие эмпирического и теоретического уровней научного познания касается средств исследования, специфики методов и характера предмета исследования.

Рассмотрим средства эмпирического уровня научного познания. Эмпирическое исследование базируется на непосредственном практическом взаимодействии исследователя с изучаемым объектом. Оно предполагает осуществление наблюдений и экспериментальную деятельность. Поэтому средства эмпирического исследования необходимо включают в себя приборы, приборные установки и другие средства реального наблюдения и эксперимента.

В теоретическом же исследовании отсутствует непосредственное практическое взаимодействие с объектами. На этом уровне объект может изучаться только опосредованно, в мысленном эксперименте, но не в реальном.

Кроме средств, которые связаны с организацией экспериментов и наблюдений, в эмпирическом исследовании применяются и понятийные средства. Они функционируют как особый язык, который часто называют эмпирическим языком науки. Он имеет сложную организацию, в которой взаимодействуют собственно эмпирические термины и термины теоретического языка.

Смыслом эмпирических терминов являются особые абстракции, которые можно было бы назвать эмпирическими объектами. Их следует отличать от объектов реальности. Эмпирические объекты — это абстракции, выделяющие в действительности некоторый набор свойств и отношений вещей. Реальные объекты представлены в эмпирическом познании в образе идеальных объектов, обладающих жестко фиксированным и ограниченным набором признаков. Реальному же объекту присуще бесконечное число признаков.

Что же касается теоретического познания, то в нем применяются иные исследовательские средства. Здесь отсутствуют средства материального, практического взаимодействия с изучаемым объектом. Но и язык теоретического исследования отличается от языка эмпирических описаний. В качестве его основы выступают теоретические термины, смыслом которых являются теоретические идеальные объекты.

Особенности средств и методов двух уровней научного познания связаны со спецификой предмета эмпирического и теоретического исследования. На каждом из этих уровней исследователь может иметь дело с одной и той же объективной реальностью, но он изучает ее в разных предметных срезах, в разных аспектах, а поэтому ее видение, ее представление в знаниях будут даваться по-разному. Эмпирическое исследование в основе своей ориентировано на изучение явлений и зависимостей между ними. На этом уровне познания существенные связи не выделяются еще в чистом виде, но они как бы высвечиваются в явлениях, проступают через их конкретную оболочку.

На уровне же теоретического познания происходит выделение существенных связей в чистом виде. Сущность объекта представляет собой взаимодействие ряда законов, которым подчиняется данный объект. Задача теории как раз и заключается в том, чтобы, расчленив эту сложную сеть законов на компоненты, затем воссоздать шаг за шагом их взаимодействие и таким образом раскрыть сущность объекта.

Эмпирический и теоретический уровни различаются по методам исследования. С помощью эмпирических методов исследования осуществляется накопление, фиксация, обобщение и систематизация опытных данных, их статистическая и индуктивная обработка, в то время как, с помощью теоретических происходит формирование законов наук и теорий.

К эмпирическим методам исследования относят наблюдение, сравнение, измерение и эксперимент, к теоретическим – аналогию, идеализацию, формализацию и др.

Наблюдение - это целенаправленное систематическое восприятие объекта, доставляющее первичный материал для научного исследования. Целенаправленность - важнейшая характеристика наблюдения. Концентрируя внимание на объекте, наблюдатель опирается на имеющиеся у него некоторые знания о нем, без которых нельзя определить цель наблюдения. Наблюдение характеризуется также систематичностью, которая выражается в восприятии объекта многократно и в разных условиях, планомерностью, исключающий пробелы в наблюдении, и активностью наблюдателя, его способностью к отбору нужной информации, определяемой целью исследования.

Требования, предъявляемые к научным наблюдениям:

четкая постановка цели наблюдения;

выбор методики и разработка плана;

системность;

контроль за надежностью и корректностью результатов наблюдения;

обработка, осмысление и истолкование полученного массива данных;

Как метод научного познания наблюдение дает исходную информацию об объекте, необходимую для его дальнейшего исследования.

Важную роль в познании играют **сравнение** и **измерение**. Сравнение представляет собой метод сопоставления объектов с целью выявления сходства или различия между ними. Если объекты сравниваются с объектом, выступающим в качестве эталона, то такое сравнение называется измерением.

Наиболее сложным и эффективным методом эмпирического познания является **эксперимент**, опирающийся на другие эмпирические методы. Эксперимент - метод исследования объекта, при котором исследователь (экспериментатор) активно воздействует на объект,

создает искусственные условия, необходимые для выявления определенных его свойств. Эксперимент предполагает применение определенных средств: приборов, инструментов, экспериментальных установок, характеризуется активным воздействием на объект, может быть повторен столько раз, сколько требуется для получения достоверных результатов.

Существуют два типа экспериментальных задач:

исследовательский эксперимент, который связан с поиском неизвестных зависимостей между несколькими параметрами объекта;

проверочный эксперимент, который применяется в случае, когда требуется подтвердить или опровергнуть те или иные следствия теории.

В эксперименте, как правило, используются приборы – искусственные или естественные материальные системы, принципы работы которых нам хорошо известны. Т.о. в рамках нашего эксперимента уже фигурирует в материальной форме наше знание, некоторые теоретические представления. Без них невозможен эксперимент, по крайней мере, в рамках науки. Всякая попытка отделить эксперимент от теории знаний делает невозможным понимание его природы, познания сущности.

Эксперименты и данные наблюдения.

Различие между данными наблюдения и эмпирическими фактами как особыми типами эмпирического знания было зафиксировано еще в позитивистской философии науки 30-х годов. В это время шла довольно напряженная дискуссия относительно того, что может служить эмпирическим базисом науки. Вначале предполагалось, что ими являются непосредственные результаты опыта - данные наблюдения. В языке науки они выражаются в форме особых высказываний - записей в протоколах наблюдения, так называемые протокольные предложения.

В протоколе наблюдения указывается, кто наблюдал, время наблюдения, описываются приборы, если они применялись в наблюдении,

Анализ смысла протокольных предложений показал, что они содержат не только информацию об изучаемых явлениях, но и, как правило, включают ошибки наблюдателя, наслоения внешних возмущающих воздействий, систематические и случайные ошибки приборов и т.п. Но тогда стало очевидным, что данные наблюдения, в силу того, что они отягощены субъективными наслоениями, не могут служить основанием для теоретических построений.

В ходе дискуссий было установлено, что такими знаниями выступают эмпирические факты. Именно они образуют эмпирический базис, на который опираются научные теории.

Уже сам характер фактофиксирующих высказываний подчеркивает их особый объективный статус, по сравнению с протокольными предложениями. Но тогда возникает новая проблема: как осуществляется переход от данных наблюдения к эмпирическим фактам и что гарантирует объективный статус научного факта?

Постановка этой проблемы была важным шагом на пути к выяснению структуры эмпирического познания. Эта проблема активно разрабатывалась в методологии науки XX столетия. В конкуренции различных подходов и концепций она выявила многие важные характеристики научной эмпирии, хотя и на сегодняшний день проблема далека от окончательного решения.

Важно сразу же уяснить, что научное наблюдение носит деятельностный характер, предполагая не просто пассивное созерцание изучаемых процессов, а их особую предварительную организацию, обеспечивающую контроль над их протеканием.

Деятельностная природа эмпирического исследования на уровне наблюдений наиболее отчетливо проявляется в ситуациях, когда наблюдение осуществляется в ходе реального эксперимента. По традиции эксперимент противопоставляется наблюдению вне эксперимента.

В заключение необходимо отметить, что эмпирическая зависимость является результатом индуктивного обобщения опыта и представляет собой вероятностно-истинное знание. Теоретический же закон — это всегда знание достоверное.

Итак, выделив эмпирическое и теоретическое познание как два особых типа исследовательской деятельности, можно сказать, что предмет их разный, т.е. теория и эмпирическое исследование имеют дело с разными срезами одной и той же действительности. Эмпирическое исследование изучает явления и их корреляции; в этих корреляциях, в отношениях между явлениями оно может уловить действие закона. Но в чистом виде он выявляется только в результате теоретического исследования.

Исходной формой любого эмпирического познания исторически служит наблюдение, поскольку именно с него начинается познание. Логически оно имеет более широкий характер и используется как в обыденном, так и в научном познании.

В познании на эмпирической уровне преобладает живое созерцание, познание посредством органов чувств. Абстрактное мышление (рациональное познание) здесь имеет подчиненное значение. При этом исследуемый объект отражается в сознании познающего своими внешними связями, явлениями, доступными нашим органам чувств: зрению, обонянию, осязанию, слуху, вкусу. На этом познание не ограничивается. На эмпирическом уровне познаются и определенные внутренние связи, определенные закономерные отношения. Делаются эмпирические обобщения (обобщения опыта). На уровне эмпирического познания осуществляется сбор фактов, идет накопление фактического материала. Факт - результат какого-то действия. Это некоторый фрагмент действительности. Факт - это также и данные наблюдения. Факт имеет объективную и субъективную стороны. Объективная сторона - это то, что факт существует независимо от нашего сознания (синоним понятия истины). Субъективная сторона факта - наше знание об объективно произошедшем событии, его обнаружение. Изучение фактов, сбор и анализ фактического материала опять-таки совершается на основе теории. Эмпирические факты и теория диалектически взаимосвязаны.

Сбор фактов посредством наблюдений, экспериментов, в конце концов,- это не самоцель. Физик Луи де Бройль писал о том, что «результаты эксперимента никогда не имеют характера простого факта, который нужно только констатировать. В изложении этого результата всегда содержится некоторая доля истолкования. Следовательно, к факту всегда примешаны теоретические

представления». Значит, происходит логическая обработка данных, приобретенных в результате наблюдений и экспериментов.

Наблюдая какое-то явление в его «естественном» состоянии (например, бой во время учений) или познавая явление в эксперименте (действия войск на учениях), мы описываем это явление. Научный протокол как система высказываний, утверждений содержит определенную информацию, но сам по себе еще не дает фактического знания. Дело в том, что протокол описывает состояние наблюдаемого объекта лишь в сугубо конкретной обстановке, единичной ситуации. Такая ситуация может оказаться нетипичной для изучаемого явления, к тому же зафиксированная информация содержит как правило изрядный элемент субъективности. Значит факты - знания надо очистить от этого налета субъективности. Кроме того, результаты наблюдений надо обработать статистически. Словом, надо добиться наибольшей адекватности в соотношении факт-знание - факт-событие.

Эмпирическое знание складывается из:

- 1) данных наблюдений, которые фиксируются должным образом и складываются в эмпирические факты;
- 2) эмпирические факты – а) это фрагмент действительности или объективного явления;
- б) результат наблюдения;
- с) предложения, фиксирующие эмпирические знания, т.е. полученные в ходе наблюдения или эксперимента.

Далее возникает необходимость научной интерпретации какого-либо события.

То, что мы видим – одинаково, однако интерпретация может быть разной – теоретическая нагрузка наблюдаемого факта.

В научном познании факты играют двоякую роль:

- 1) образуют эмпирическое поле для выдвижения гипотез;

2) имеют решающее значение для подтверждения или опровержения гипотез. Здесь также надо, учитывать меру количества фактов, скажем, для опровержения теории. Один-два факта не могут поколебать теорию. Но существует «критическая масса фактов», которая, конечно, может отвергнуть теорию.

Эмпирические зависимости или обобщение – это первичный уровень обобщения, со временем обязательно обнаруживаются какие-либо противоречия.

5.3. Теоретический уровень познания

Цель теоретического исследования - установление законов и принципов, которые позволяют систематизировать, объяснять и предсказывать факты, установленные в ходе эмпирического исследования.

На теоретическом уровне познания объект исследуется со стороны его сущностных связей, часто скрытых от непосредственного восприятия.

На этом уровне познания формулируются законы, относящиеся по существу не к эмпирически заданной реальности, а к реальности как она представляется идеализированными объектами (предметами теоретического познания).

Идеализированный объект - мысленная познавательная конструкция, являющаяся результатом идеализации и абстрагирования. Теоретические объекты, в отличие от эмпирических объектов, наделены не только теми признаками, которые мы можем обнаружить в реальных объектах, но и признаками, которых нет ни у одного реального объекта. Например, материальная точка - тело, лишённого размера, но сосредоточивающее в себе всю массу; идеальный газ, абсолютно черное тело). Теоретическое знание - это знание, содержание которого не имеет непосредственно чувственного носителя (коррелята).

Теоретическое знание может развиваться относительно независимо от эмпирических исследований путем мысленного эксперимента с идеализированными

объектами; посредством введения различных гипотетических допущений или теоретических моделей (особенно математических); посредством знаково-символических операций по правилам математики или логических формализмов. Лучший пример этому дает математика. Н. Лобачевский, основоположник неевклидовой геометрии, построивший систему геометрических положений путем замены евклидова постулата о параллельных линиях новым постулатом, не опираясь при этом на данные наблюдения.

Неоспоримым фактом в современной науке считается утверждение, что теоретические открытия принципиально не сводимы к тем чувственным данным, на которые они в той или иной мере опираются. Не существует в принципе логического перехода от чувственных данных и эмпирических обобщений к теоретическим обобщениям, которые по самой своей природе, т.е.

как открытие общего и всеобщего, далеко выходят за всегда неполную, ограниченную, недостаточную сферу чувственных данных.

Наука в своих теоретических выводах постоянно выходит за границы наличных чувственных данных и тем самым вступает в противоречие с ними. Больше того, она сплошь и рядом опровергает чувственную, наглядную картину мира, как об этом уже шла речь в связи с гелиоцентрической системой. Противоречие между научной теорией и непосредственными чувственными данными вполне закономерно даже в том случае, если эти чувственные данные были эмпирической основой теории. В границах чувственного отражения внешнего мира не существует различия между видимостью и сущностью. Это различие может быть установлено лишь научным, преимущественно теоретическим исследованием.

Формирование внутренне дифференцированных и вместе с тем целостных теоретических систем знаменует собой переход науки на теоретическую стадию, для которой характерно появление особых теоретических моделей реальности (например, молекулярно-кинетическая модель газа - идеальный газ, и т.д.). Подобные средства познания обуславливают движение теоретической мысли,

относительно независимое от эмпирического уровня исследования, расширяют ее эвристические возможности.

Процесс научного поиска даже на теоретическом уровне не является строго рациональным⁶³. Непосредственно перед стадией научного открытия важны воображение, создание образов, а на самой стадии открытия - интуиция. Поэтому открытие нельзя логически вывести, как теорему в математике. О значении интуиции в науке хорошо свидетельствуют слова выдающегося математика Гаусса: «Вот мой результат, но я пока не знаю, как получить его. Результат интуитивен, но нет аргументации в его защиту.» Интуиция присутствует в науке (так называемое «чувство объекта»), но она ничего не значит в смысле обоснования результатов. Нужны еще объективные рациональные методы, которые бы их обосновывали; методы, принятые данным научным сообществом.

5.3.1. Взаимосвязь эмпирического и теоретического уровней исследования

Несмотря на методологическую ценность выделения эмпирического и теоретического, разделить эти два уровня в целостном процессе познания полностью невозможно, что показали неудачные попытки сделать это в рамках неопозитивизма.

Взаимосвязь эмпирического и теоретического уровней исследования

Неопозитивисты настаивали на принципиальной возможности сведения т.н. теоретического языка к языку наблюдений; утверждали, что «теоретические конструкты» (понятия) - лишь оперативные знаково-символические средства для работы с эмпирической информацией.

Разделение на эмпирический и теоретический уровни условно, относительно, подвижно. Ни одно описание факта не осуществляется без привлечения теоретического арсенала знаний. Даже при самом элементарном наблюдении и фиксации опытных данных мы пользуемся теоретическими понятиями и категориями⁶⁴.

Эмпирические высказывания всегда теоретически нагружены⁶⁵.

Это дает основание некоторым современным методологам высказать тезис о несоизмеримости сменяющихся или конкурирующих теорий. Тезис о несоизмеримости теорий восходит к логико-философским идеям Витгенштейна, Ай- дукевича для объяснения природы научных революций. Согласно этому тезису, развитие науки представляет собой сменяющие друг друга фундаментальные теории, не связанные логическими отношениями и использующие разные понятия, методы и способы видения мира, т.е. между ними отсутствует логическая и содержательная преемственность. Каждая теория создает свой язык для описания фактов. Нет теоретически нейтрального эмпирического языка, поэтому при переходе терминов из одной теории в другую значение их полностью изменяется.

Соответствие теоретического объекта эмпирическим его проявлениям носит неоднозначный характер. Поэтому в современной науке приобретает особую остроту проблема теоретического истолкования эмпирии и эмпирической интерпретации теории.

Для понимания механизма теоретического истолкования опытных данных в науке принципиально то, что он является сложным многоступенчатым исследовательским процессом.

Физик, астроном, биолог, химик уже в силу того, что он пользуется приборами, в которых опредмечены теоретические схемы, не может не подвергать результаты эмпирического исследования теоретическому истолкованию. Например, «экспериментальный факт существования электрона», о котором писал американский физик Милликен, представляет синтез, сплав эмпирического данного и теоретической схемы, в нем как бы совмещаются непосредственно наблюдаемые эмпирические объекты и некоторая глубинная реальность, которая проявляется в эмпирической действительности.

Теоретическое истолкование эмпирических данных открывает новые возможности и перспективы объяснения и предвидения фактов, ориентирует и направляет эмпирические исследования.

Развитие теоретического содержания науки и построение многослойных теоретических схем приводит к определенной обособленности теоретического аппарата научного познания от его эмпирического базиса, что в свою очередь порождает необходимость эмпирической интерпретации теории.

Эмпирическая интерпретация теоретического знания - способствует осуществлению опытной проверки теоретического знания, выяснению его объяснительно-предсказательных возможностей по отношению к реальной действительности.

Однако как подтверждение теории отдельными эмпирическими примерами не может служить безоговорочным свидетельством в ее пользу, так и противоречие теории отдельным фактам не есть основание для отказа от нее. Экспериментальной проверке подлежат не изолированные теоретические положения, а теория в целом.

В реальном познавательном процессе эмпирическое познание не обязательно предшествует теории, а последняя не обязательно «надстраивается» над эмпирическим знанием.

5.3.2. Методы теоретического познания

На теоретическом уровне научного познания ученый, исследует не эмпирический объект, а некоторый теоретический конструкт, который формируется с помощью абстрагирования и идеализации.

Абстрагирование - мысленное отвлечение от несущественных свойств, связей, отношений объектов и одновременно выделение, фиксирование одной или нескольких интересующих исследователя сторон этих объектов.

Абстракции отождествления - мысленное отвлечение от несущественных признаков предметов, выделение существенных и образование на этой основе общих понятий типа "человек", "дом" и т.п.

Изолирующая абстракция получается путем выделения некоторых свойств, отношений, неразрывно связанных с предметами материального мира, в самостоятельные сущности ("устойчивость", "растворимость", "электропроводность" и т. д.).

Кроме этого в современной науке используются абстракция конструктивизации и другие методы абстрагирования.

Идеализация - прием научно-теоретического исследования, основанный на процессе абстракции, формирование идеализированного объекта.

Идеализированные объекты не существуют в действительности - например, геометрическая точка, абсолютно упругое тело, прямая, абсолютно черное тело, идеальный газ и т.п. Идеализация может осуществляться разными путями и основываться на разных видах абстракций. После абстрагирования необходимо выделить интересующие нас стороны или свойства стороны или свойства, предельно усилить или ослабить их и представить как свойства некоторого самостоятельного объекта. Создание идеализированного объекта позволяет выделить существенные его стороны, упростить и благодаря этому сделать возможным применение для его описания точных количественных методов⁷⁷.

Познавательная ценность идеализации обусловлена тем, что посредством идеализации мы выявляем некоторые закономерные тенденции в чистом виде, абстрагируясь от эмпирически обнаруженных конкретных форм их проявления, от второстепенных сторон изучаемых объектов. Основное положительное значение идеализации как метода научного познания заключается в том, что получаемые на ее основе теоретические построения позволяют затем эффективно исследовать реальные объекты и явления. Упрощения, достигаемые с помощью идеализации, облегчают создание теории, вскрывающей законы исследуемой области явлений материального мира. Если теория в целом правильно описывает реальные явления, то правомерны и положенные в ее основу идеализации.

Метод идеализации, оказывающийся весьма плодотворным во многих случаях, имеет в то же время определенные ограничения. Развитие научного познания заставляет иногда отказываться от принятых ранее идеализированных представлений. Так произошло, например, при создании Эйнштейном специальной теории относительности, из которой были исключены ньютоновские идеализации «абсолютное пространство» и «абсолютное время». Кроме того, любая идеализация ограничена конкретной областью явлений и служит для решения только определенных проблем.

Будучи разновидностью абстрагирования, идеализация допускает элемент чувственной наглядности. Эта особенность идеализации очень важна для реализации такого специфического метода теоретического познания, каковым является мысленный эксперимент.

Мысленный эксперимент - построение мысленной модели (идеализированного «квазиобъекта») и идеализированных условий, воздействующих на модель, планомерное изменение этих условий с целью исследования поведения системы в них.

Мысленный эксперимент предполагает оперирование с идеализированным объектом (замещающим в абстракции объект реальный), которое заключается в мысленном подборе тех или иных положений, ситуаций, позволяющих обнаружить какие-то важные особенности исследуемого объекта.

Сохраняя сходство с реальным экспериментом, мысленный эксперимент в то же время существенно отличается от него. Эти отличия заключаются в следующем. В реальном эксперименте приходится считаться с реальными физическими и иными ограничениями его проведения, с невозможностью в ряде случаев устранить мешающие ходу эксперимента воздействия извне, с искажением в силу указанных причин получаемых результатов. В этом плане мысленный эксперимент имеет явное преимущество перед экспериментом реальным. В мысленном эксперименте можно абстрагироваться от действия нежелательных факторов, проводя его в идеализированном, «чистом» виде. Научная деятельность Галилея, Ньютона, Максвелла, Карно, Эйнштейна и других ученых, заложивших основы современного естествознания, свидетельствует о существенной роли мысленного эксперимента в формировании теоретических идей. История развития физики богата фактами использования мысленных экспериментов. Примером могут служить мысленные эксперименты Галилея, приведшие к открытию закона инерции; Эйнштейна, создавшего теорию относительности и т.п.

Мысленный эксперимент может иметь большую эвристическую ценность, помогая интерпретировать новое знание, полученное чисто математическим путем. Это подтверждается многими примерами из истории науки. Одним из них является мысленный эксперимент В. Гейзенберга, направленный на разъяснение соотношения неопределенности. В этом мысленном эксперименте соотношение неопределенности было найдено благодаря абстрагированию, разделившему целостную структуру электрона на две противоположности: волну и корпускулу. Тем самым совпадение результата мысленного эксперимента с результатом, достигнутым математическим путем, означало доказательство объективно

существующей противоречивости электрона как цельного материального образования и дало возможность понять это в классических понятиях.

Важное значение в теоретическом исследовании играет системный подход.

Системный подход (метод) - это способ теоретического представления и воспроизведения объектов как систем. В центре его внимания находится изучение не элементов как таковых, а прежде всего структуры объекта (характера и особенностей связи между элементами) и их функцией.

Основные моменты системного подхода:

- установление состава целого, его элементов;
- исследование закономерностей соединения элементов в систему, т.е. структуры объекта;
- в тесной связи с изучением структуры необходимо изучение функций системы и ее составляющих, т.е. структурно-функциональный анализ системы;
- исследование генезиса системы, ее границ и связей с другими системами.

Одним из важных методов, которые используются на теоретическом уровне познания является гипотетически-дедуктивный метод.

Он заключается в создании системы дедуктивно связанных между собой гипотез, из которых, в конечном счете, выводятся утверждения об эмпирических фактах. Этот метод начал использоваться еще в XVII в., но объектом методологического анализа стал сравнительно недавно. Чаще всего гипотетически-дедуктивный метод применяется в эмпирических науках.

Метод построения теоретического знания с помощью гипотетически-дедуктивного метода заключается в том, что сначала создается гипотетическая конструкция, которая дедуктивно развертывается и

образует целую систему гипотез, из которых выводятся утверждения об эмпирических фактах. Потом эта система подвергается опытной проверке, в ходе которой она уточняется и конкретизируется. Теория строится как бы «сверху» по отношению к эмпирическим данным.

Дедуктивная система гипотез имеет иерархическую структуру. Теория, которая создается гипотетически-дедуктивным методом, может пополняться гипотезами, но до определенным пределов, пока не возникают затруднения в ее дальнейшем развитии. В такие периоды становится необходимой перестройка самого ядра теоретической конструкции, выдвижение новой гипотетически-дедуктивной системы, которая смогла бы объяснить исследуемые факты без введения дополнительных гипотез и, кроме того, предусмотреть новые факты. Чаще всего в такие периоды выдвигается не одна, а сразу несколько конкурирующих гипотетически-дедуктивных систем.

Например, в период перестройки электродинамики Лоренца конкурировали между собой системы самого Лоренца, Эйнштейна и Пуанкаре; в период построения квантовой механики конкурировали волновая механика де Бройля- Шредингера и матричная волновая механика Гейзенберга. Каждая гипотетико- дедуктивная система реализует особую программу исследования, побеждает та исследовательская программа, которая наилучшим образом вбирает в себя опытные данные и дает предсказания, являющиеся неожиданными с точки зрения других программ.

Одним из проявлений гипотетически-дедуктивного метода является метод математической гипотезы. Если в обычном гипотетическом методе сначала формулируются содержательные предположения о законах, а потом они получают соответствующее математическое выражение, то при использовании метода математической гипотезы мышление идет другим путем. Сначала для объяснения количественных зависимостей выискивается из смежных областей науки пригодное математическое уравнение, а потом ему пытаются дать содержательное толкование. Метод математической гипотезы был использован при открытии законов квантовой механики. Э. Шредингер для описания движения элементарных частиц взял за основу волновое уравнение классической физики, но дал иную интерпретацию его членов. В результате создан волновой вариант квантовой механики. В. Гейзенберг и М. Борн пошли иным путем в решении этой задачи. Они взяли канонические уравнения Гамильтона из классической механики,

сохранив их математическую форму или тип уравнения, но ввели в эти уравнения новый тип величин - матрицы. В итоге возник матричный вариант квантово- механической теории.

В математизированных отраслях научного знания чаще всего используют, способ дедуктивного построения теорий, который получил название аксиоматического метода. Впервые он был использован при построении геометрии Евклида. Потом этот метод использовали и разрабатывали элеаты, Платон, Аристотель.

| Суть аксиоматического метода состоит в следующем - задается (выбирается) набор исходных положений, не требующих доказательств - аксиом (входящие в них понятия явно не определяются в рамках данной теории). Затем из них путем логической дедукции строится система выводных предложений. Совокупность исходных аксиом и выведенных на их основе предложений образует аксиоматически построенную теорию.

Первоначально аксиомы выбирались как интуитивно очевидные (содержательно-аксиоматический метод). Это накладывало определенные ограничения на содержательную аксиоматику. Они были преодолены при переходе к формальной, а затем формализованной аксиоматике.

Для современной стадии развития аксиоматического метода характерна выдвинутая Гильбертом концепция формального аксиоматического метода, которая ставит задачу точного описания логических средств вывода теорем из аксиом. При формальной аксиоматике аксиомы выводятся как описание некоторой системы формальных отношений. Аксиомы в формальной системе рассматриваются как своеобразные определения исходных понятий. В формально аксиоматических системах формальное рассмотрение аксиом дополняется использованием математической логики как средства, обеспечивающего строгое выведение из них следствий. Основное внимание при этом уделяется установлению непротиворечивости системы, ее полноты, независимости системы аксиом и т.п.

Построение формализованных аксиоматических систем привело к большим успехам прежде всего в математике и даже породило представление о возможности ее развития чисто формальными

средствами. Но аксиоматизация является лишь одним из методов построения научного знания. Ее использование в качестве средства научного открытия весьма ограничено. Аксиоматизация осуществляется обычно после того, как содержательно теория уже в достаточной мере построена, и служит целям более точного ее представления, в частности строгого выведения всех следствий из принятых посылок.

Кроме того, следует отметить, что аксиоматический метод встречается с трудностями, на которые четко указал К. Гёдель. В 30-е годы XX в. он доказал, что в достаточно богатой своими средствами непротиворечивой аксиоматической системе всегда находятся утверждения, которые не выводятся из аксиом.

В логико-математических науках и информатике наряду с аксиоматическим широко используется конструктивистский метод. Суть его заключается в том, что построение теории начинают не с аксиом, а с понятий, правомерность использования которых считается интуитивно оправданной. Затем задаются правила построения новых теоретических конструкций. Статус научности придается лишь тем конструктам, которые действительно удалось построить.

5.4. Метатеоретический уровень научного знания

Кроме эмпирического и теоретического уровней в структуре научного знания необходимо артикулировать наличие третьего (более общего по сравнению с ними) метатеоретического уровня знания. Он состоит из двух основных подуровней: общенаучного знания и философских оснований науки. Какова природа каждого из этих подуровней и выполняемые ими функции? Каким образом метатеоретическое знание связано с рассмотренными выше теоретическим и эмпирическим уровнями научного знания?

Общенаучный уровень знания состоит из следующих основных элементов:

- 1) общенаучная картина мира;
- 2) общенаучные методологические, логические и аксиологические принципы.

Необходимо отметить, что метатеоретический уровень знания играет важное значение не только в естествознании и социальных науках, но и в математике. В последней он оформился даже в виде самостоятельных дисциплин: метаматематика и металогика. Предметом последней является исследование математических и логических теорий на их непротиворечивость, полноту, независимость аксиом, доказательность, конструктивность. В естественно-научных же и социально-гуманитарных дисциплинах метатеоретический уровень существует в виде соответствующих картин мира, а также общенаучных и философских принципов. Необходимо подчеркнуть, что в современной науке не существует какого-то единого по содержанию и одинакового для всех научных дисциплин метатеоретического знания. Последнее всегда конкретизировано и в существенной степени "привязано" к особенностям научных теорий. Что же такое научная картина мира? Это господствующие в науке в целом или какой-либо отдельной науке общие представления о мире. Например, основу физической картины мира классического естествознания составляли следующие онтологические принципы:

- а) представление о дискретном характере реальности, состоящей из отдельных тел, между которыми имеет место взаимодействие с помощью некоторых сил (притяжение, отталкивание и т.д.);
- б) все изменения в реальности управляются законами, имеющими строго однозначный характер;
- в) все процессы протекают в абсолютном пространстве и времени, свойства которых никак не зависят ни от содержания этих процессов, ни от выбора системы отсчета для их описания;
- г) все воздействия одного тела на другое передаются мгновенно;
- д) необходимость первична, случайность вторична; случайность - лишь проявление необходимости в определенных взаимодействиях (точка пересечения независимых причинных рядов); во всех остальных ситуациях "случайность" должна пониматься как мера незнания "истинного положения дел".

Большинство из этих принципов непосредственно входит в структуру механики И. Ньютона. Основу биологической картины мира классического естествознания составляла дарвиновская теория

эволюции видов на основе механизма естественного отбора, включавшего в себя в качестве существенного свойства случайность.

Какова познавательная роль и значение картины мира в научном познании? Она состоит в том, что именно научная картина мира санкционирует как истинный определенный категориальной тип видения наукой ее эмпирических и теоретических (идеализированных) объектов, гармонизируя их между собой. Какова в общих словах природа картины мира? Прежде всего необходимо подчеркнуть, что картина мира возникает отнюдь не как результат обобщения наличного теоретического и (или) эмпирического научного познания. Напротив, она всегда предшествует ему, будучи конкретизацией определенной (более общей) по сравнению с ней философской онтологии. Последняя же суть продукт рефлексивно-конструктивной деятельности разума в сфере всеобщих различий и оппозиций. Будучи результатом философского творчества, философская онтология при этом всегда имеет конкретно-исторический характер.

Как правило, роль общенаучной картины мира выполняет одна из частнонаучных картин мира, которая является господствующей в науке той или иной эпохи. Например, для всего классического естествознания это была физическая картина мира, разработанная в механике И. Ньютона. "Механицизм", по существу, означает не что иное, как признание и утверждение физической картины мира как общенаучной для всех других наук (химии, биологии, геологии, астрономии, физиологии, и даже социологии и политологии). В неклассическом естествознании на статус общенаучной картины мира по-прежнему претендовала физическая картина мира, однако уже та, которая лежала не в основе классической механики, а в основе теории относительности и квантовой механики. При этом классическая и неклассическая физическая картина мира во многом противоречили друг другу.

Наличие конкурирующих фундаментальных теорий в физике, основанных на принятии существенно различных картин мира, значительно подрывало доверие представителей других наук к физической картине мира как общенаучной. Постепенно все больше утверждалась мысль о необходимости создания общенаучной картины мира как синтеза картин мира различных фундаментальных наук. Для неклассического естествознания такой общенаучной картиной мира стал в конечном счете синтез физической, биологической и теоретико-

системной картин мира. Современное же постнеклассическое естествознание пытается дополнить этот синтез идеями целесообразности и разумности всего существующего. По степени своей общности современная общенаучная картина мира все ближе приближается к философской онтологии.

Те же тенденции плюрализации и универсализации имеют место и в отношении других элементов метатеоретического знания, в частности гносеологических и аксиологических принципов науки. Хорошо известными примерами таких принципов в структуре физического познания являются, например, принципы соответствия, дополнительности (Н. Бор), принципиальной наблюдаемости (Э. Мах), приоритетности количественного (математического) описания перед качественным описанием (Г. Галилей), зависимости результатов наблюдения от условий познания (Н. Бор) и др. Сегодня большинство этих принципов претендует уже на статус общенаучных. На такой же статус претендуют и принципы, родившиеся в лоне современного математического познания. Например, принцип невозможности абсолютно полной формализации любой математической теории (К. Гедель), контекстуальность и интуитивность научного знания (А. Пуанкаре) и др.

В слое метатеоретического научного знания имеют место также разнообразные методологические и логические императивы и правила. При этом они существенно различны не только для разных наук, но и для одной и той же науки на разных стадиях ее развития. Совершенно очевидно различие методологического инструментария математики и физики, физики и истории, истории и лингвистики. Однако не менее разительным может быть и методологическое несходство одной и той же области знания, например аристотелевской физики (качественно-умозрительной) и классической физики (экспериментально-математической). Чем вызвано несходство в методологических требованиях и правилах в науке? Несомненно, с одной стороны, различием объектов и предметов исследования, с другой - различием в понимании целей и идеалов научного познания. Древнеегипетская и древнегреческая геометрии имели один и тот же предмет - пространственные свойства и отношения реальных объектов. Но для древних египтян методом получения знания об этих свойствах и отношениях являлось их многократное измерение, а для древнегреческих геометров - метод логического выведения геометрического знания из простых и самоочевидных аксиом. Это различие в методах геометрического познания было обусловлено

разным пониманием целей и идеалов научного познания: для древних египтян такой целью было получение практически полезного знания (оно могло быть и приблизительным), а для древних греков - истинного и доказательного знания.

Вопрос о целях и ценностях научного познания - это главный предмет аксиологических предпосылок науки. При этом среди аксиологических принципов науки важно различать внутренние и внешние основания. Внутренние есть суть имманентные именно для нее, в отличие от других видов познавательной и практической деятельности, ценности и цели. К их числу относятся: объективная истина, определенность, точность, доказательность, методологичность, системность и др. В отечественной философии науки внутренние ценности науки получили название "идеалы и нормы научного исследования", выступающие некими методологическими стандартами, регуляторами правильности и законности научной деятельности, в том числе критериями оценки степени приемлемости и качества ее продуктов (наблюдений, экспериментов, фактов, законов, выводов, теорий и т.д.). Внешние же аксиологические ценности науки суть те, которые направлены вовне науки и регулируют ее отношения с обществом, культурой и их различными структурами. Среди этих ценностей важнейшими выступают практическая полезность, эффективность, повышение интеллектуального и образовательного потенциала общества, содействие научно-техническому, экономическому и социальному прогрессу общества, рост адаптивных возможностей человечества в его взаимодействии с окружающей средой и др. Как показано в историко-научной и современной методологической литературе, набор и содержание внутренних и внешних ценностей науки существенно различен не только для разных наук в одно и то же время, но и для одной и той же науки в разные исторические периоды ее развития. Например, ценность логической доказательности научного знания, его аксиоматического построения имеет приоритетное значение в математике и логике, однако является не столь существенной в истории, литературоведении или даже физике. В исторических науках на первый план выходят хронологическая точность и полнота описания исторических событий, адекватное их понимание и оценка значимости источников. В физике первостепенной ценностью является эмпирическая воспроизводимость явлений, их точное количественное описание, экспериментальная проверяемость фактов и теорий, практическая (техническая и технологическая) применимость физического знания. В технических науках именно последняя ценность заведомо ведущая по сравнению со всеми другими. Содержание и

состав внутренних и внешних ценностей не является чем-то постоянным, неизменным как для одной и той же науки в разное время, так и для развития науки в целом. Например, мы имеем дело с существенно различным пониманием "доказательства" в классической и конструктивной математике, физике Аристотеля и физике И. Ньютона, в интроспективной психологии XIX в. и в современной экспериментальной психологии.

Таким образом, аксиологический слой метатеоретического знания в науке ни в коем случае нельзя недооценивать. Он оказывает существенное влияние на понимание самого смысла и задач научного исследования, задавая его перспективу и оценивая степень приемлемости предлагаемых научных результатов. Многие ожесточенные споры как в сфере науки, так и между "наукой" и "ненаукой" имеют основание именно в сфере аксиологии науки, хотя участники таких дискуссий обычно полагают, что они расходятся в вопросах онтологии и гносеологии (например, об этом убедительно свидетельствует полемика между птолемеевцами и коперниканцами по поводу истинной системы астрономии; дискуссии между Махом и Больцманом по поводу законности молекулярно-кинетической теории газов или между формалистами и интуиционистами по вопросам надежности математики и т.д.). Об этом также убедительно свидетельствует и сравнение аксиологии классической, неклассической и постнеклассической науки. *Аксиология классической науки*: чисто объективное знание, абсолютная истина, универсальный метод, бескорыстное служение науке, научный прогресс. *Аксиология неклассической науки*: субъект-объектность знания, относительность истины, дополнительность описаний, вероятное знание. *Аксиология постнеклассической науки*: конструктивность научного знания, плюрализм методов и концепций, толерантность, экологическая и гуманитарная экспертиза научных проектов, социальная и когнитивная ответственность ученого.

Имеется ли различие в природе онтологических, гносеологических и аксиологических принципов как элементов метатеоретического научного знания? С нашей точки зрения, ответ на данный вопрос должен быть, безусловно, положительным. Тогда как онтологические и гносеологические основания науки суть конструктивно-мыслительные продукты познавательной сферы сознания, аксиологические принципы - его ценностной сферы. Хотелось бы при этом подчеркнуть, что познавательная и ценностная сферы сознания равноправны, внутренне взаимосвязаны и дополняют друг друга в рамках функционирования

сознания как целого. Наука, будучи предметно-познавательной деятельностью сознания, является, тем не менее, продуктом всей структуры сознания, а не только его познавательных функций. Ценности и ценностное знание - необходимый внутренний элемент не только социально-гуманитарных наук, как полагали неокантовцы, но также и естественно-научного, и логико-математического знания.

Одной из широко дискутировавшихся в философии науки XIX - XX вв. проблем, так и не получившей разрешения в дискуссии между позитивистами и их оппонентами, - вопрос о статусе философских оснований науки в структуре научного знания. Главный пункт расхождений - включать или не включать философские основания науки в структуру научного знания. В принципе никто не отрицает влияния философских представлений на развитие и особенно оценку научных достижений. История науки и, в частности, высказывания на этот счет ее великих творцов не оставляют в этом никаких сомнений. Однако позитивисты настаивают, что влияние философии на процесс научного познания является чисто внешним, что философские основания нельзя включать в структуру научного знания, иначе науке грозит рецидив натурфилософствования, подчинение различным "философским спекуляциям", от которых наука с таким трудом избавилась к началу XX в. Натурфилософы же и сторонники "влиятельной метафизики", напротив, утверждают, что философские основания науки должны быть включены в структуру науки, поскольку служат обоснованию ее теоретических конструкций, расширяют когнитивные ресурсы науки и ее познавательный горизонт. Третьи занимают промежуточную позицию, считая, что в моменты научных революций, в период становления новых фундаментальных теорий философские основания науки входят в структуру научного знания. Однако, после того как научная теория достигла необходимой степени зрелости, философские основания науки удаляют из ее структуры. Вот почему, говорят сторонники этой позиции, в учебной литературе, отражающей стадию зрелых научных теорий, при изложении их содержания мы очень редко находим упоминание о их философских основаниях. Эта третья (промежуточная) позиция развивалась, в частности, в работах Э. М. Чудинова под названием концепции СЛЕНТ (философия как строительные леса научной теории). Кто же прав? С нашей точки зрения, все, но лишь частично, и никто полностью. Дело в том, что ни одна из представленных выше позиций не сумела дать правильного истолкования природы философских оснований науки, их особого статуса и структуры. Мы полагаем, что **философские основания науки - это особый, промежуточный между философией**

и наукой род знания, который не является ни собственно философским, ни собственно научным. Это особый вид междисциплинарного знания, имеющий существенно диалектический характер.

Философские основания науки - это существенно гетерогенные по своей структуре высказывания, включающие в свой состав как **философские**, так и **конкретно-научные** понятия и категории. Они являют собой яркий пример кентаврового знания в науке. Другим примером такого рода знания являются рассмотренные выше интерпретационные предложения, связывающие воедино теоретический и эмпирический уровни научного знания. Мы утверждаем, что имеет место полная аналогия между философскими основаниями науки и интерпретационными предложениями и по *структуре* (смешанной), и по *статусу* (определения), и по *функции* (мост между качественно различными по содержанию уровнями знания), и по *природе* (в философских основаниях науки это имеющая в них место идентификация значений определенных теоретических терминов науки с определенными философскими категориями).

Приведем примеры философских оснований науки:

"Пространство и время в физике - это отдельные субстанции" (И. Ньютон);

"Числа - сущность вещей" (Пифагор); "Числа существуют объективно" (Платон); "Научные законы - детерминистичны" (П. С. Лаплас); "Законы микромира - индетерминистичны" (Н. Бор); "Пространство и время в физике - не субстанциональны, а атрибутивны и относительноны" (А. Эйнштейн);

"Аксиомы евклидовой геометрии интуитивно очевидны" (Аристотель);

"Распространение энергии квантами - свидетельство дискретной структуры мира" (В. Гейзенберг) и т.д.

Одинаково верно как то, что утверждения философии не могут быть получены в результате обобщения научного знания, так и то, что научное знание нельзя вывести чисто логически из какой-либо истинной философии. Между философией и наукой имеется такой же

содержательный и логический разрыв, как и между теоретическим и эмпирическим знанием в самой науке. Однако этот зазор между ними постоянно преодолевается благодаря конструктивной деятельности мышления по созданию соответствующих интерпретационных схем. Только при определенной философской интерпретации науки она может выступать в качестве материала для подтверждения или опровержения каких-либо философских концепций. Верно и обратное. Только с помощью философской интерпретации науки та или иная философия может оказывать положительное (или отрицательное) влияние на науку. Очевидно, что без философских оснований науки нарушается не только ее собственная целостность, но и целостность всей культуры, по отношению к которой как философия, так и наука выступают лишь частными аспектами. И целостность культуры постоянно заявляет о себе. Это имеет место не только в периоды научных революций и создания новых фундаментальных теорий, но и после их принятия научным сообществом в качестве парадигмальных.

Таким образом, общую структуру научного знания образуют как минимум три основных ее уровня (эмпирический, теоретический и метатеоретический), обладающие, с одной стороны, относительной самостоятельностью, с другой - внутренне взаимосвязанные в процессе функционирования и развития научного знания как целого. Теоретическое научное знание не сводимо к эмпирическому прежде всего в силу конструктивного характера деятельности разума при создании теорий. С другой стороны, эмпирическое знание не сводимо к научным теориям, благодаря "замыканию" эмпирического знания прежде всего на чувственное познание как на главный источник своего содержания. Более того, даже после конкретной эмпирической интерпретации некоторой теории имеет место лишь ее частичная сводимость к эмпирическому знанию, поскольку она всегда открыта другим эмпирическим интерпретациям. Теоретическое знание всегда богаче любого конечного множества его возможных эмпирических интерпретаций. Постановка же вопроса о том, что первично в науке (а что вторично) - эмпирическое знание или теоретическое, является для зрелой науки явно некорректной, поскольку есть следствие заранее принятой и неверной редукционистской установки. С другой стороны, антитезой редукционизму может быть глобальный плюрализм. Однако плюрализм только тогда является плодотворным, когда дополнен идеями системности и целостности. С этих позиций новое эмпирическое знание может быть "спровоцировано" не только новой чувственной информацией (данные наблюдения и эксперимента), но и новыми теоретическими идеями. Эмпиризм, как известно, акцентирует

(абсолютизирует) первый тип "провоцирования", теоретизм же - второй.

Анализ общей структуры научного знания показывает не только ее трехуровневость, но и слоистость каждого из уровней. При этом характерно, что каждый из уровней и слоев научного знания как бы "зажат" и снизу, и сверху. Например, эмпирический уровень знания находится между чувственным знанием и теоретическим; теоретический же уровень знания - между эмпирическим и метатеоретическим. Наконец, метатеоретический уровень научного знания - между теоретическим и философским. Такая "зажатость", с одной стороны, существенно ограничивает творческую свободу мышления на каждом из уровней, но вместе с тем существенно гармонизирует все уровни научного знания между собой, придавая ему не только внутреннюю целостность, но и возможность органического вписывания научного знания в более широкую когнитивную и социокультурную реальность - наличную культуру.

6. Модели знаний

6.1. Семантическая сеть как модель представления знаний.

Пример графического представления семантической сети на <http://mirrorref.ru> 23.

В процессе понимания языка возникает потребность в знаниях о мире. Значит, должен применяться какой-то способ представления этих знаний. Проблемы разработки структур для представления знаний называются **проблемами памяти**. Однако информацию необходимо не только записывать, но и искать: **нельзя отрывать структуру от функции**. Эти два аспекта соответственно называются **пассивным и активным аспектами памяти и тесно переплетаются**. Один из форматов представления знаний, который наиболее популярен среди исследователей в области искусственного интеллекта — **«семантическая сеть»**. Её можно использовать в качестве **главной модели памяти**. **Семантическая сеть – информационная модель предметной области, имеющая вид ориентированного графа,**

вершины которого соответствуют объектам предметной области, а дуги (рёбра) задают отношения между ними. Объектами могут быть понятия, события, свойства, процессы. В названии соединены термины из двух наук: **семантика в языкознании изучает смысл единиц языка, а сеть в математике представляет собой разновидность графа — набора вершин, соединённых дугами (рёбрами), которым присвоено некоторое число. В семантической сети роль вершин выполняют понятия базы знаний, а дуги (причем направленные) задают отношения между ними. Таким образом, семантическая сеть отражает семантику предметной области в виде понятий и отношений.** Терминология, используемая в этой области, различна. Чтобы добиться некоторой однородности, узлы, соединенные дугами, принято называть графами, а структуру, где имеется целое гнездо из узлов или где существуют отношения различного порядка между графами, называть сетью. Идея систематизации на основе каких-либо семантических отношений предлагалась ещё учёными ранней науки. Примером этого может служить биологическая классификация Карла Линнея 1735 г. Если рассматривать её как семантическую сеть, то в данной классификации используется отношение подмножества, современное АКО (от англ. «A Kind Of», «разновидность»). Прародителями современных семантических сетей можно считать экзистенциальные графы, предложенные Чарльзом Пирсом в 1909 г. Они использовались для представления логических высказываний в виде особых диаграмм. Пирс назвал этот способ «логикой будущего». Важным направлением в исследовании сетей стали работы немецкого психолога Отто Зельца 1913 и 1922 гг. В них для организации структур понятий и ассоциаций, а также изучения методов наследования свойств он использовал графы и семантические отношения. Исследователи Дж. Андерсон (1973), Д. Норман (1975) и другие использовали эти работы для моделирования человеческой памяти и интеллектуальных свойств. Компьютерные семантические сети были детально разработаны Ричардом Риченсом в 1956 году в рамках проекта Кембриджского центра изучения языка по машинному переводу. Процесс машинного перевода подразделяется на 2 части: перевод исходного текста в промежуточную форму представления, а затем эта промежуточная форма транслируется на нужный язык. Такой промежуточной формой как раз и были семантические сети. Впервые семантические сети были использованы в системах машинного перевода в конце 50-х - начале 60-х годов 20-го века. Первая такая система, которую создал Мастерман, включала в себя 100 примитивных концептов таких, как, например, НАРОД, ВЕЩЬ, ДЕЛАТЬ, БЫТЬ. С помощью этих концептов он описал

словарь объемом 15000 единиц, в котором также имелся механизм переноса характеристик с гипертита на подтип. Что касается лингвистики, то первым ученым, занимавшимся разработкой графических описаний, стал Люсьен Теньер. Он использовал графическую запись для своей грамматики зависимостей. Теньер оказал огромное влияние на развитие лингвистики в Европе. Труды по семантическим сетям часто ссылаются на работу американского психолога Росса Квиллиана (Quillian) о «семантической памяти» (Американский психолог. Получил степень магистра в Чикагском университете. Доктор Технологического института Карнеги (Университет Карнеги-Меллон). Аспирант-исследователь Чикагского университета (1955-1960). Преподаватель социологии Медицинского пресвитерианского центра Св. Луки. Преподаватель в Массачусетском технологическом институте. Аспирант Технологического института Карнеги. Консультант-исследователь в корпорации Болт Беранек и Ньюман (1971). Профессор политических наук факультета социологии Калифорнийского университета).

6.2. Структура семантических сетей

Основной формой представления модели структуры семантической сети является граф. Семантические сети возникли как попытка визуализации математических формул: за графическим изображением непременно стоит строгая математическая запись, и обе эти формы являются не конкурирующими, а взаимодополняющими. Это наиболее удобно воспринимаемая человеком форма. Её недостатки проявляются, когда мы начинаем строить более сложные сети или пытаемся учесть особенности естественного языка. **В своей наипростейшей форме семантическая сеть есть совокупность точек, называемых узлами; каждая из них может мыслиться как представление некоторого понятия (точное определение понятия здесь несущественно; достаточно представлять его себе как некоторую сущность, о которой хранится информация).** Каждый узел может иметь имя, например: boy 'мальчик' или gift 'подарок'. Точка может связываться посредством направленной дуги (или, если угодно, стрелки), которая называется отношением (relation), с любой другой точкой сети. Это отношение получает некоторое обозначение (помету). Графически это может выглядеть так: Схема читается следующим образом: R связывает A с B. Принятая интерпретация этой структуры сводится к тому, что отношение R имеет место между A и B, или A находится в отношении R к B. Заметим, что B не обязательно

находится в отношении R к A. Именно поэтому дуга должна быть направленной и представляться в виде стрелки. Например, если A — это Anna, B — это Bill, а R — это LIKES 'любит', мы имеем Вполне возможно, что Анна ни в малейшей степени не интересуется Биллом, поэтому мы не можем заключить следующее: Любой узел может быть связан с произвольным числом других узлов, каждый из них — с любым числом других узлов и т. д. Если добавлять все большее и большее число узлов и дуг, графическое представление становится похожим на сеть из линий, поэтому оно получило название семантической сети (семантической, поскольку исторически такие сети были использованы прежде всего для представления значений выражений на естественном языке). **Минимальной единицей информации в семантической сети является тройка ARB. Но базисная единица — это узел, или понятие.** Понятие обладает информационным содержанием лишь в силу того, что оно связано с другими узлами. Можно считать, что информация существует в отношениях. Слово «понятие» (concept) обычно используется для обозначения как общих, так и конкретных понятий.

Семантические сети имеют математическую запись и лингвистическую. В математике граф представляется множеством вершин V и множеством отношений между ними E. Используя аппарат математической логики, приходим к выводу, что каждая вершина соответствует элементу предметного множества, а дуга — предикату. В лингвистике отношения фиксируются в словарях и тезаурусах. В словарях в определениях через род и видовое отличие родовое понятие занимает определённое место. В тезаурусах в статье каждого термина могут быть указаны все возможные его связи с другими родственными по теме терминами.

6.3. Классификация семантических сетей

Для всех семантических сетей справедливо разделение поарности и количеству типов отношений.

По количеству типов отношений, сети могут быть **однородными и неоднородными.**

Однородные сети обладают только одним типом отношений (стрелок), например, таковой является вышеупомянутая классификация биологических видов (с единственным отношением АКО).

В неоднородных сетях количество типов отношений больше двух. Классические иллюстрации данной модели представления знаний представляют именно такие сети. Неоднородные сети представляют

большой интерес для практических целей, но и большую сложность для исследования. Неоднородные сети можно представлять как переплетение древовидных многослойных структур. Например, Полярности: типичными являются сети с бинарными отношениями (связывающими ровно два понятия).

Бинарные отношения очень просты и удобно изображаются на графе в виде стрелки между двух концептов. Кроме того, они играют исключительную роль в математике. На практике, однако, могут понадобиться отношения, связывающие более двух объектов — N-арные. При этом возникает сложность — как изобразить подобную связь на графе, чтобы не запутаться. Концептуальные графы снимают это затруднение, представляя каждое отношение в виде отдельного узла. По размеру: Для решения конкретных задач, например, тех которые решают системы искусственного интеллекта. Семантическая сеть отраслевого масштаба должна служить базой для создания конкретных систем, не претендуя на всеобщее значение.

Глобальная семантическая сеть.

Теоретически такая сеть должна существовать, поскольку всё в мире взаимосвязано. Возможно когда-нибудь такой сетью станет Всемирная паутина. **Семантические отношения.** Количество типов отношений в семантической сети определяется её создателем, исходя из конкретных целей. В реальном мире их число стремится к бесконечности. Каждое отношение является, по сути, предикатом, простым или составным. Скорость работы с базой знаний зависит от того, насколько эффективно реализованы программы обработки нужных отношений.

Иерархические. 1. Наиболее часто возникает потребность в описании отношений между элементами, множествами и частями объектов. Отношение между объектом и множеством, обозначающим, что объект принадлежит этому множеству, называется **отношением классификации** (ISA это есть). Говорят, что множество (класс) классифицирует свои экземпляры (пример: «Шарик является собакой» = Шарик является объектом типа собака). Иногда это отношение именуют также MemberOf, InstanceOf или подобным образом. Связь ISA предполагает, что свойства объекта наследуются от множества. Обратное к ISA отношение используется для обозначения примеров, поэтому так и называется — «Example», или по-русски «Пример». Иерархические отношения образуют древовидную структуру. См. пример выше с предложением.

2. Отношение между надмножеством и подмножеством (называется АКО — «A Kind Of», «разновидность»). (Пример: «собака является

животным» = тип с именем собака является подтипом типа животные). Элемент подмножества называется гипонимом (собака), а надмножества — гиперонимом (животное), а само отношение называется отношением гипонимии. **Альтернативные названия** — «SubsetOf» и «Подмножество». Это отношение определяет, что каждый элемент первого множества входит и во второе (выполняется ISA для каждого элемента), а также логическую связь между самими подмножествами: что первое не больше второго и свойства первого множества наследуются вторым. Отношение АКО (Род-Вид) часто используется для навигации в информационном пространстве.

3. Объект, как правило, состоит из нескольких частей, или элементов. Например, компьютер состоит из системного блока, монитора, клавиатуры, мыши и т. д. Важным отношением является HasPart, описывающее связь частей и целого — **отношение меронимии**. В этом случае свойства первого множества не наследуются вторым. **Мероним и холоним — противоположные понятия: Мероним — объект, являющийся частью для другого. (Двигатель — мероним автомобиля.) Холоним — объект, который включает в себя другое.** (Например, у дома есть крыша. Дом — холоним крыши. Компьютер — холоним монитора.) Часто в семантических сетях требуется определить отношения синонимии и антонимии. Эти связи либо дублируются явно в самой сети, либо определяются алгоритмической составляющей. В семантических сетях часто используются также следующие отношения: функциональные связи (определяемые обычно глаголами «производит», «влияет»...); количественные (больше, меньше, равно...); пространственные (далеко от, близко от, за, под, над...); временные (раньше, позже, в течение...); атрибутивные (иметь свойство, иметь значение); логические (И, ИЛИ, НЕ); лингвистические. Если эксплицитно называть один элемент агенсом, а другой — объектом, то семантическая сеть представляет вид, напоминающий падежную структуру.

Ч. Филлмор, один из основателей **когнитивной лингвистики, теории падежной грамматики и семантики фреймов, выделял глубинные падежи, или семантические роли**. Представление знаний в виде семантической сети вполне определенно предполагает использование именно падежной структуры. Неполный список возможных отношений, используемых в семантических сетях для разбора предложений, выглядит следующим образом. **Агент – это то, что (тот, кто) вызывает действие. Агент часто является подлежащим в предложении, например, "Робби ударил мяч". Объект – это то, на что (на кого) направлено действие. В предложении объект часто выполняет роль прямого дополнения, например, "Робби взял**

желтую пирамиду". **Инструмент** – то средство, которое используется агентом для выполнения действия, например, "Робби открыл дверь с помощью ключа". **Соагент** – служит как подчиненный партнер главному агенту, например, "Робби собрал кубики с помощью Суззи". **Пункт отправления и пункт назначения** – это отправная и конечная позиции при перемещении агента или объекта: "Робби перешел из комнаты в библиотеку". **Траектория** – перемещение от пункта отправления к пункту назначения: "Они прошли через дверь по ступенькам на лестницу". **Средство доставки** – то в чем или на чем происходит перемещение: "Он всегда едет домой на метро". **Местоположение** – то место, где произошло (происходит, будет происходить) действие, например, "Он работал за столом". **Потребитель** – то лицо, для которого выполняется действие: "Робби собрал кубики для Суззи". **Сырье** – это, как правило, материал, из которого что-то сделано или состоит. Обычно сырье вводится предлогом из, например, "Робби собрал Суззи из интегральных схем". **Время** – указывает на момент совершения действия: "Он закончил свою работу поздно вечером". **Самые простые сети, которые используются в системах искусственного интеллекта, - это реляционные графы.** Они состоят из узлов, соединенных дугами. **Каждый узел представляет собой понятие, а каждая дуга – отношения между различными понятиями.** Например, семантическая сеть описывает понятие «помидор», а другая «Маша укрепила стул клеем». Этот список может сколь угодно продолжаться: в реальном мире количество отношений огромно. Например, между понятиями может использоваться отношение «совершенно разные вещи» или подобное: Не_имеют_отношения_друг_к_другу(Солнце, Кухонный_чайник). Поскольку довольно сложно ввести в компьютер некоторые диаграммы и при этом они занимают много места при печати, многие ученые записывают свои графы в более компактном варианте. Например, то же предложение ДжонСова предложил записать в линейном виде с использованием некоторых символьных подобию в отношении элементов приведенного рисунка: [укрепить]- (агент) -> [Маша] (объект) -> [стул] (время) -> [прошедшее] (инструмент)->[клей] В этом варианте записи квадратные скобки обозначают понятия, а круглые скобки содержат в себе названия отношений. Все линейные формы записи очень похожи на фреймовые структуры.

Источник: http://mirrorref.ru/ref_meratyatyotropol.html

6.4. Фреймовая модель представления знаний

6.4.1. Значение слова «фрейм»

Фрейм (англ. frame — кадр, рамка) — в самом общем случае данное слово обозначает структуру, содержащую некоторую информацию.

Фрейм (инженерия знаний) — в системном анализе, искусственном интеллекте, инженерии знаний: структура, содержащая описание объекта в виде атрибутов и их значений.

Фрейм (социальные науки) — понятие в социальных науках, таких как социология, психология и др., означающее определённого рода целостность, в рамках которой люди осмысливают себя в мире.

Фрейм (HTML) — в языке HTML, веб-дизайне: область окна браузера для представления отдельной веб-страницы.

Фрейм (издательские системы) — в настольных издательских системах: область на странице, содержащая текст или графику.

Кадр (телекоммуникации) — в телекоммуникациях и компьютерных сетях: фрагмент определённого формата для передачи по каналу связи.

Фрейм (видеографика) — в видеографике: отдельный кадр в видеопотоке.

Стековый кадр — в программировании (особенно на языках низкого уровня): область памяти, выделяемая для хранения локальных переменных функции.

Фрейм в Delphi — один из компонентов VCL.

Таймфрейм — интервал времени, используемый при построении ценового графика

Фрейм — в игре Периметр это огромный город-корабль, предназначенный для путешествия по параллельным мирам — психосфере.

Фрейм в комиксах или манге — обозначение прямоугольной области иллюстрации с каким-либо действием.

6.4.2. Фрейм как модели представления знаний

Фреймовая модель представления знаний — была предложена М.Минским в 1979 г. как структура знаний для восприятия пространственных сцен. Эта модель, как и семантическая сеть, имеет глубокое психологическое обоснование.

В психологии и философии известно понятие абстрактного образа. Например, слово «комната» вызывает у слушающих образ комнаты: «жилое помещение с четырьмя стенами, полом, потолком, окнами и дверью, площадью 6-20 м²». Из этого описания ничего нельзя убрать (например, убрав окна, получим уже чулан, а не комнату), но в нем есть «дырки», или «слоты», — это незаполненные значения некоторых атрибутов — количество окон, цвет стен, высота потолка, покрытие пола и др. В этой теории такой абстрактный образ называется фреймом.

Фреймом называется также и формализованная модель для отображения образа.

В качестве идентификатора фрейму присваивается имя фрейма. Это имя должно быть единственным во всей фреймовой системе.

Фрейм имеет определенную внутреннюю структуру, состоящую из множества элементов, называемых *слотами*, которым также присваиваются имена. За слотами следуют *инпацши*, в которые помещают данные, представляющие текущие значения слотов. Каждый слот в свою очередь представляется определенной структурой данных. В значение слота подставляется конкретная информация, относящаяся к объекту, описываемому этим фреймом.

Структуру фрейма можно представить так:

ИМЯ ФРЕЙМА:

(имя 1-го слота: значение 1-го слота),

(имя 2-го слота: значение 2-го слота),

(имя N-го слота: значение N-го слота).

Ту же запись представим в виде таблицы, дополнив двумя столбцами.

Таблица 6.1 – Структура фрейма

Имя слота	значение слота	способ получения значения	присоединённая процедура
-----------	----------------	---------------------------------	-----------------------------

В таблице дополнительные столбцы предназначены для описания способа получения слотом его значения и возможного присоединения к тому или иному слоту специальных процедур, что допускается в теории фреймов. В качестве значения слота может выступать имя другого фрейма; так образуют сети фреймов.

Различают фреймы-образцы, или прототипы, хранящиеся в базе знаний, и фреймы-экземпляры, которые создаются для отображения реальных ситуаций на основе поступающих данных.

Модель фрейма является достаточно универсальной, поскольку позволяет отобразить все многообразие знаний о мире:

- через фреймы-структуры, для обозначения объектов и понятий (заем, залог, вексель);
- через фреймы-роли (менеджер, кассир, клиент);
- через фреймы-сценарии (банкротство, собрание акционеров, празднование именин);
- через фреймы-ситуации (тревога, авария, рабочий режим устройства) и др.

Важнейшим свойством теории фреймов является заимствованное из теории семантических сетей наследование свойств. И во фреймах, и в

семантических сетях наследование происходит по АКО-связям (A-Kind-Of = это). Слот АКО указывает на фрейм более высокого уровня иерархии, откуда неявно наследуются, то есть переносятся, значения аналогичных слотов.

Значением слота может быть практически что угодно: числа, формулы, тексты на естественном языке или программы, правила вывода или ссылки на другие слоты данного фрейма или других фреймов. В качестве значения слота может выступать набор слотов более низкого уровня, что позволяет реализовывать во фреймовых представлениях «принцип матрешки». Связи между фреймами задаются значениями специального слота с именем «Связь».

В общем случае структура данных фрейма может содержать более широкий набор информации, в который входят следующие атрибуты.

Имя фрейма. Оно служит для идентификации фрейма в системе и должно быть уникальным. Фрейм представляет собой совокупность слотов, число которых может быть произвольным. Число слотов в каждом фрейме устанавливается проектировщиком системы, при этом часть слотов определяется самой системой для выполнения специфических функций (системные слоты), примерами которых являются: слот-указатель родителя данного фрейма (**IS-A**), слот-указатель дочерних фреймов, слот для ввода имени пользователя, слот для ввода даты определения фрейма, слот для ввода даты изменения фрейма и т.д.

Имя слота. Оно должно быть уникальным в пределах фрейма. Обычно имя слота представляет собой идентификатор, который наделен определенной семантикой. В качестве имени слота может выступать произвольный текст. Например, <Имя слота> = Главный герой романа Ф.М. Достоевского «Идиот», <Значение слота>= Князь Мышкин. Имена системных слотов обычно зарезервированы, в различных системах они могут иметь различные значения. Примеры имен системных слотов: *IS-A*, *HASPART*, *RELATIONS* и т.д. Системные слоты служат для редактирования базы знаний и управления выводом во фреймовой системе.

Указатели наследования. Они показывают, какую информацию об атрибутах слотов из фрейма верхнего уровня наследуют слоты с аналогичными именами в данном фрейме. Указатели наследования

характерны для фреймовых систем иерархического типа, основанных на отношениях типа «абстрактное — конкретное». В конкретных системах указатели наследования могут быть организованы различными способами и иметь разные обозначения:

U (Unique) — значение слота не наследуется;

S (Same) — значение слота наследуется;

R (Range) — значения слота должны находиться в пределах интервала значений, указанных в одноименном слоте родительского фрейма;

O (Override) — при отсутствии значения в текущем слоте оно наследуется из фрейма верхнего уровня, однако в случае определения значения текущего слота оно может быть уникальным. Этот тип указателя выполняет одновременно функции указателей U и S.

Указатель типа данных. Он показывает тип значения слота. Наиболее употребляемые типы: *frame* — указатель на фрейм; *real* — вещественное число; *integer* — целое число; *boolean* — логический тип; *text* — фрагмент текста; *list* — список; *table* — таблица; *expression* — выражение; *lisp* — связанная процедура и т.д.

Значение слота. Оно должно соответствовать указанному типу данных и условию наследования.

Демоны. Демоном называется процедура, автоматически запускаемая при выполнении некоторого условия. Демоны автоматически запускаются при обращении к соответствующему слоту. Типы демонов связаны с условием запуска процедуры. Демон с условием *IF-NEEDED* запускается, если в момент обращения к слоту его значение не было установлено. Демон типа *IF-ADDED* запускается при попытке изменения значения слота. Демон *IF-REMOVED* запускается при попытке удаления значения слота. Возможны также другие типы демонов. Демон является разновидностью связанной процедуры.

Присоединенная процедура. В качестве значения слота может использоваться процедура, называемая служебной в языке Лисп или методом в языках объектно-ориентированного программирования. Присоединенная процедура запускается по сообщению, переданному

из другого фрейма. Демоны и присоединенные процедуры являются процедурными знаниями, объединенными вместе с декларативными в единую систему. Эти процедурные знания являются средствами управления выводом во фреймовых системах, причем с их помощью можно реализовать любой механизм вывода. Представление таких знаний и заполнение ими интеллектуальных систем — весьма нелегкое дело, которое требует дополнительных затрат труда и времени разработчиков. Поэтому проектирование фреймовых систем выполняется, как правило, специалистами, имеющими высокий уровень квалификации в области искусственного интеллекта.

Часть специалистов по системам искусственного интеллекта считают, что нет необходимости выделять фреймовые модели представления знаний, так как в них объединены все основные особенности моделей остальных типов.

Приведем несколько примеров фреймовых описаний.

Пример 1. Фрейм, описывающий человека.

Фрейм:	<i>Человек</i>
---------------	----------------

Имя слота: Значение слота

Класс: Животное

Структурный элемент: Голова, шея, руки, ...

Рост: 30 ? 220 см

Масса: 1 ? 200 кг

Хвост: Нет

Язык: Русский, английский, ...

Связь: Обезьяна

Пример 2. Описание с помощью фреймов понятия письменного отчета.

В виде семантической сети «отчет» можно представить следующим образом.

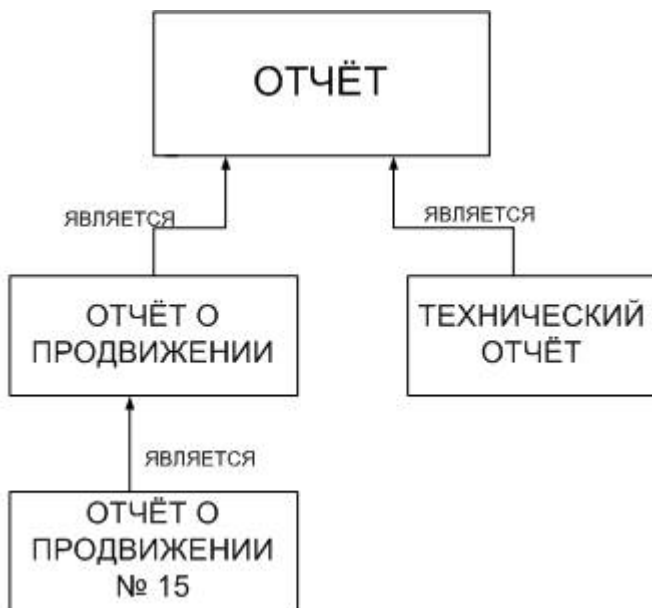


Рис. 6.1. Семантическая сеть понятия «отчет»

Приведем представление понятия отчёта с помощью фреймов.

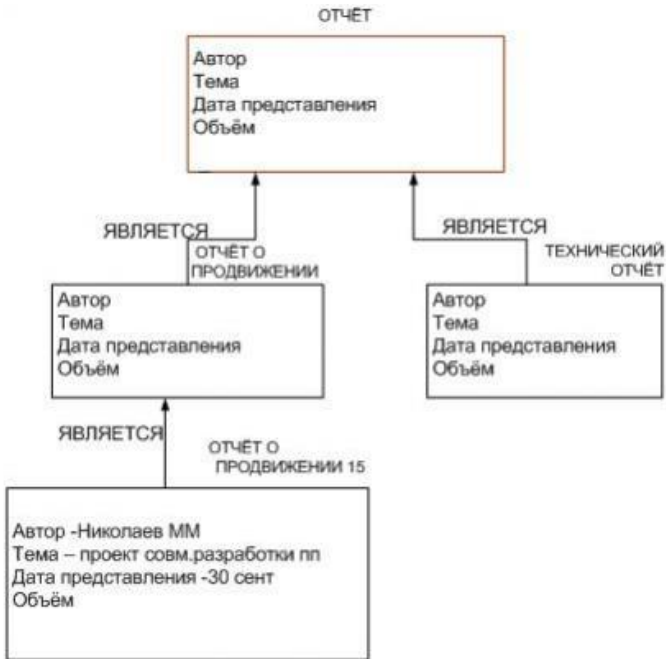


Рис. 6.2. Представление понятия «отчет» в виде фреймов

Пример 3. Спецификации фреймов на продукционно-фреймовом языке описания знаний PILOT/2.

Фреймы John и Mary — экземпляры фрейма-прототипа Person.

[Person **is_a prototype**;

Name **string**, **if_changed** ask_why();

Age **int**, **restr_by** >=0;

Sex **string**, **restr_by** (=="male" || == "female"),

by_default "male";

Children {**frame**}};

[John **is_a** Person; **if_deleted** bury());

Name = "Johnson";

Age = 32;

Children = {Ann, Tom}};

[Mary **is_a** Person;

without Age;

Name = "Smirnova";

Sex = "female";

Children = **empty**];

Основным преимуществом **фреймов** как **модели представления знаний** является то, что она отражает концептуальную основу организации памяти человека, а также ее гибкость и наглядность. Наиболее ярко достоинства фреймовых систем представления знаний проявляются в том случае, если родовидовые связи изменяются нечасто и предметная область насчитывает немного исключений. Во фреймовых системах данные о родовидовых связях хранятся явно, как и знания других типов. Значения слотов представляются в системе в единственном экземпляре, поскольку включаются только в один фрейм, описывающий наиболее понятия из всех тех, которые содержит слот с данным именем. Такое свойство систем фреймов обеспечивает экономное размещение базы знаний в памяти компьютера. Еще одно достоинство фреймов состоит в том, что значение любого слота может быть вычислено с помощью соответствующих процедур или найдено эвристическими методами. То есть фреймы позволяют манипулировать как декларативными, так и процедурными знаниями.

К недостаткам фреймовых систем относят их относительно высокую сложность, что проявляется в снижении скорости работы механизма вывода и увеличения трудоемкости внесения изменений в родовую

иерархию. Поэтому при разработке фреймовых систем уделяют наглядным способам отображения и эффективным средствам редактирования фреймовых структур.

Специальные языки представления знаний в сетях фреймов FRL (Frame Representation Language), KRL (Knowledge Representation Language), фреймовая оболочка Карра, PILOT/2 и другие программные средства позволяют эффективно строить промышленные системы.

В последние годы термин «фреймовый» часто заменяют термином «объектно-ориентированный». Этот подход является развитием **фреймового представления**. Шаблон фрейма можно рассматривать как класс, экземпляр фрейма — как объект. Языки объектно-ориентированного программирования (ООП) предоставляют средства создания классов и объектов, а также средства для описания процедур обработки объектов (методы). Языки ООП, не содержащие средств реализации присоединенных процедур, не позволяют организовать гибкий механизм логического вывода, поэтому разработанные на них программы либо представляют собой объектно-ориентированные базы данных, либо требуют интеграции с другими средствами обработки знаний (например, с языком PROLOG).

6.5. Объектно-ориентированная методология представления знаний реализована в системах G2, RTWorks.

6.5.1. Фреймовая (объектно-ориентированная) модель представления знаний.

Фреймовая модель, как и семантическая сеть, имеет глубокое психологическое обоснование. В психологии и философии известно понятие абстрактного образа. Например, слово «комната» вызывает у слушающих образ комнаты: «жилое помещение с четырьмя стенами, полом, потолком, окнами и дверью, площадью 6-20 м²). Из этого описания ничего нельзя убрать (например, убрав окна, получим уже чулан, а не комнату), но в нем есть «дырки», или «слоты», — это

незаполненные значения некоторых атрибутов — количество окон, цвет стен, высота потолка, покрытие пола и др. В этой теории такой абстрактный образ называется фреймом (англ. frame – каркас, рамка). Фреймом называется также и формализованная модель для отображения образа. Понятие «фрейм» в лингвистику было введено Ч. Филлмором, сформулировавшим две основные идеи: во-первых, «значение слова – это не сумма компонентов, на которые его можно разделить, а концептуальная структура, которая является совокупностью знаний, известных говорящему и слушающему, и в то же время схемой интерпретации опыта» [19, с. 111], во-вторых, фрейм – это «совокупность лингвистических вариантов, которые ассоциируются с так называемыми сценариями» [19, с. 124]. Эти идеи получили свое дальнейшее развитие в исследованиях многих лингвистов, доказавших, что языковое значение слова прямо зависит от сформировавшегося в мозге человека определенного образа, стоящего за ним [21], принимая во внимание его в известной мере субъективность для каждого индивидуума. Это находит отражение в представлениях о том, что при восприятии какой-либо информации человек использует уже готовые структуры, облегчающие восприятие, запоминание, которые хранящиеся в его голове до тех пор, пока в них не возникает необходимость, а при возникновении чего-то нового – автоматически производит выбор наиболее похожей схемы для сличения нового с уже имеющимся в памяти [18]. Марвин Минский, один из пионеров искусственного интеллекта, предложивший фреймовую модель представления знаний в 1979 г., понимает фрейм схожим образом, считая его структурой данных, предназначенной для представления в мозгу человека определенной стереотипной ситуации. Причем, в каждом фрейме содержится разноплановая информация, касающаяся использования данного фрейма, «предупреждающая о том, что может произойти дальше, а также предписывающая действия в случае, если эти ожидания не подтвердятся» [13, с. 289]. В настоящее время представители отечественной школы когнитивных лингвистов под фреймом понимают определенное знание о стереотипных событиях и ситуациях, которое вербализуется с помощью естественного языка [1; 2; 4; 11; 16]. Общепринятым среди отечественных ученых является понятие о фрейме как многокомпонентном концепте, объемном представлении, некоторой совокупности стандартных знаний о предмете или явлении, мыслимых в целостности их составных частей (Концепт – ментальная единица гораздо более сложного уровня, включающая разноуровневые пласты знаний об окружающей действительности, способная вербализовываться с помощью одной или нескольких лексических

единиц. Люди оперируют намного большим количеством концептов, чем существует слов и различных языковых конструкций [21]. Кроме того, необходимо учитывать тот факт, что фреймы ввиду их сложной структуры включают в себя слоты, чье положение и наполнение не является чем-то застывшим и постоянным, и чьи параметры, напротив, могут существенно варьироваться). Например, магазин (компоненты – покупать, продавать, товары, стоить, цена и др.) [14]. Этот вид концепта часто представляют как «пакет» информации, содержащий знания о стереотипной ситуации. Например, театр (компоненты: билетная касса, зрительный зал, сцена, буфет, раздевалка, спектакль и т. д.) [2; 4]. Построение фрейма производится при корреляции получаемой информации с областью практических знаний о мире, которыми располагает человек, и, значит, фрейм – это совокупность ассоциаций, связанных с окружающим миром, и хранимых в памяти человека. [2], особая структурная единица знания как о внеязыковой, так и о языковой действительности, способная не только хранить, перерабатывать и интерпретировать информацию, схематизируя ее, но и способная эксплицироваться в языке с помощью конвенционально обусловленной системы лексических единиц. Библиографический список 1. Астафурова Т.Н. Лингвистические аспекты межкультурной деловой коммуникации. – Волгоград, 1997. – 107 с. 2. Бабушкин А.П. Типы концептов в лексико-фразеологической семантике языка. – Воронеж, 1996. – 104 с. 3. Баранов А.Н., Добровольский Д.О. Концептуальная модель значения идиомы// Когнитивные аспекты лексики. Немецкий яз.: Сб. науч. трудов. – Тверь, 1991. – С. 3-13. 4. Болдырев Н.Н. Перекатегоризация глагола как способ формирования смысла высказывания// Известия РАН-СЛЯ. – 2001, № 2. – С. 40-55. 5. Гаврилина И.С. Моделирование и когнитивные основания терминосистемы профилактической токсикологии в современном английском языке: Автореф. дис. канд. филол. наук. – М., 1998. – 24 с. 6. Громова К.А. Когнитивные аспекты юридического термина (на материале англ. юридической терминологии) // Когнитивнопрагматические особенности лингвистических исследований: Сб. науч. тр. Калинингр. ун-та. – Калининград, 1999. – С. 62-69. 7. Дроздова Т.В. Типы и особенности многокомпонентных терминов в современном английском языке: Автореф. дис. канд. филол. наук. – М., 1989. – 24 с. 8. Заботкина В.И. Картина мира и лексикон: Культурологический аспект// Картина мира: лексикон и текст: Сб. науч. трудов МГЛУ. – Вып. 375. – М., 1991. – С. 17-24. 9. Ивина Л.В. Лингво-когнитивные основы анализа отраслевых терминосистем (на примере англоязычной терминологии венчурного финансирования): Учебно-методическое пособие. – М: Академический

Проект, 2003. – 304 с. 10. Касевич В.Б. Язык и знание // Язык и структура знания. – М.: АН СССР, 1990. – С. 8-25. 11. Кубрякова Е.С. Эволюция лингвистических идей во второй половине XX века (опыт парадигмального анализа) // Язык и наука конца 20 века. – М., 1995. 12. Липилина Л.А. Когнитивные аспекты семантики метафорических инноваций: Автореф. дис. канд. филол. наук. – М., 1998. – 24 с. 13. Минский М. Остроумие и логика когнитивного бессознательного // Новое в зарубежной лингвистике. – Вып. 23. – М., 1988. – С. 281-309. 14. Попова З.Д., Стернин И.А. Очерки по когнитивной лингвистике. – Воронеж. – 2003. – 191 с. 15. Рудинская Л.С. Современные тенденции развития гематологической терминологии (на материале англ. яз.): Автореф. дис. ... канд. филол. наук. – М., 1997. – 27 с. 16. Стернин И.А. Концепты – предмет исследования какой науки? // Языковое сознание. Содержание и функционирование. – М., 2000. – С. 239-240. 17. Филлмор Ч. Фреймы и семантика понимания // Новое в зарубежной лингвистике. – Вып. 23. – М., 1988. – С. 52-92. 18. Bartlett F.Ch. Remembering: a study in experimental and social psychology. – Cambridge, University Press. – 1932. – 317 p. 19. Fillmore Ch. An alternative to checklist theories of meaning // Proceedings of the Berkley Linguistic Society, C.Cogen, H. Thompson(eds). –Berkeley, 1975. – P. 123- 131. 20. Fillmore Ch, Atkins B. Toward a frame-based lexicon: The Semantics of RISK and its neighbours// Frames, Fields and Contrasts: New Essays in Semantic and Lexical Organization/ Edd by Adrienne Lehrer, Eva Feder Kittay. – Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers, 1992. – P. 75-103. 21. Turner M. Reading minds: the Study of English in the age cognitive science. – Princeton, New York: Princeton University Press, 1991. – 298 p.

6.5.2. Структура фрейма, его атрибуты и виды

Фрейм часто рассматривают как схему сцен (например, «торговля») и формально представляют в виде двухуровневой структуры узлов и отношений: 1) вершинные узлы, которые содержат данные, всегда справедливые для данной ситуации, и 2) терминальные узлы, или слоты [3], которые заполняются данными из конкретной практической ситуации и часто представляются как подфреймы, или вложенные фреймы. Активизация фрейма через данные второго уровня воссоздаёт всю структуру этой ситуации в целом. В описании фрейма четко выделяется сама структура фрейма, или его оболочка, которая

называется протофрейм – фрейм с незаполненными значениями слотов, и собственно данные, описывающие конкретную реализацию или экземпляр фрейма – экзофрейм. В качестве идентификатора фрейму присваивается имя фрейма. Это имя должно быть единственным во всей фреймовой системе. Фрейм имеет определенную внутреннюю структуру, состоящую из множества элементов, называемых слотами (англ. slot – щель, прорезь), которым также присваиваются имена. В частности, А.Н. Баранов и Д.О. Добровольский на основании проведенного исследования фрейма «действие» выделили следующие типовые слоты: имя фрейма, время действия, этапы действия, место действия, результат действия, содержание действия, субъект действия, объект(ы) действия, характеристика действия и др. [3]. За слотами следуют шпации, в которые помещают данные, представляющие текущие значения слотов. Каждый слот в свою очередь представляется определенной структурой данных. В значении слота подставляется конкретная информация, относящаяся к объекту, описываемому этим фреймом. Важнейшим свойством теории фреймов является заимствованное из теории семантических сетей наследование свойств. И во фреймах, и в семантических сетях наследование происходит по АКО-связям (A-Kind-Of = это). Слот АКО указывает на фрейм более высокого уровня иерархии, откуда неявно наследуются, то есть переносятся, значения аналогичных слотов. Значением слота может быть практически всё что угодно: числа, формулы, тексты на естественном языке или программы, правила вывода или ссылки на другие слоты данного фрейма или других фреймов. В качестве значения слота может выступать набор слотов более низкого уровня, что позволяет реализовывать во фреймовых представлениях «принцип матрешки». Связи между фреймами задаются значениями специального слота с именем «Связь». В качестве значения слота может выступать имя другого фрейма; так образуются сети фреймов. Таким образом, отношение «состоит из», которое было в семантических сетях просто меткой на дуге, во фреймах реализуется фактическим помещением одного фрейма в другой. Например: Группа Номер, 52 Кафедра, русского, общего и славянского языкознания Число студентов, 21 Студент, (Фрейм первого студента) Студент, (Фрейм второго студента) Структуру фрейма можно представить так: ИМЯ ФРЕЙМА: (имя 1-го слота: значение 1-го слота), (имя 2-го слота: значение 2-го слота), - - - - (имя N-го слота: значение N-го слота). Студент Фамилия, Иванов Пол, мужской Курс, 5 Специальность, филология Успеваемость, хорошо Ту же запись можно представить в виде таблицы, дополнив двумя столбцами. Таблица Структура фрейма Имя слота значение слота

способ получения значения присоединённая процедура В таблице дополнительные столбцы предназначены для описания способа получения слотом его значения и возможного присоединения к тому или иному слоту специальных процедур, что допускается в теории фреймов. Различают фреймы-образцы, или прототипы, хранящиеся в базе знаний, и фреймы-экземпляры, которые создаются для отображения реальных ситуаций на основе поступающих данных. Продемонстрируем запись фрейма на языке FRL (Frame Representation Language). Например, фрейм СТОЛ может быть записан в виде 3 слотов: слот НАЗНАЧЕНИЕ(purpose), слот ТИП(type) и слот ЦВЕТ(colour) следующим образом: (frame СТОЛ (purpose (value(размещение предметов для деятельности рук))) (type (value(письменный))) (colour (value (коричневый)))) Во фрейме СТОЛ представлены только ДЕКЛАРАТИВНЫЕ средства для описания объекта, и такой фрейм носит название фрейм -образец. Имя фрейма. Оно служит для идентификации фрейма в системе и должно быть уникальным. Фрейм представляет собой совокупность слотов, число которых может быть произвольным. Число слотов в каждом фрейме устанавливается проектировщиком системы, при этом часть слотов определяется самой системой для выполнения специфических функций (системные слоты), примерами которых являются: слот-указатель родителя данного фрейма (IS-A), слот-указатель дочерних фреймов, слот для ввода имени пользователя, слот для ввода даты определения фрейма, слот для ввода даты изменения фрейма и т.д. Имя слота. Оно должно быть уникальным в пределах фрейма. Обычно имя слота представляет собой идентификатор, который наделен определенной семантикой. В качестве имени слота может выступать произвольный текст. Например, <Имя слота> = Главный герой романа Ф.М. Достоевского «Идиот», <Значение слота>= Князь Мышкин. Имена системных слотов обычно зарезервированы, в различных системах они могут иметь различные значения. Примеры имен системных слотов: IS-A, HASPART, RELATIONS и т.д. Системные слоты служат для редактирования базы знаний и управления выводом во фреймовой системе. Указатели наследования. Они показывают, какую информацию об атрибутах слотов из фрейма верхнего уровня наследуют слоты с аналогичными именами в данном фрейме. Указатели наследования характерны для фреймовых систем иерархического типа, основанных на отношениях типа «абстрактное — конкретное». В конкретных системах указатели наследования могут быть организованы различными способами и иметь разные обозначения: U (Unique) — значение слота не наследуется; S (Same) — значение слота наследуется; R (Range) — значения слота должны находиться в пределах интервала значений,

указанных в одноименном слоте родительского фрейма; O (Override) — при отсутствии значения в текущем слоте оно наследуется из фрейма верхнего уровня, однако в случае определения значения текущего слота оно может быть уникальным. Этот тип указателя выполняет одновременно функции указателей U и S. Указатель типа данных. Он показывает тип значения слота. Наиболее употребляемые типы: frame — указатель на фрейм; real — вещественное число; integer — целое число; boolean — логический тип; text – фрагмент текста; list — список; table — таблица; expression — выражение; lisp — связанная процедура и т.д. Значение слота. Оно должно соответствовать указанному типу данных и условию наследования. Значение слота во фрейме-экземпляре может определено различными способами: - по умолчанию от фрейма-образца (Default-значение); - через наследование от фрейма, указанного в слоте IS-A; - по формуле, указанной в слоте; - через присоединенную процедуру; - явно из диалога с пользователем и т.п. Демоны. Демоном называется процедура, автоматически запускаемая при выполнении некоторого условия. Демоны автоматически запускаются при обращении к соответствующему слоту. Типы демонов связаны с условием запуска процедуры. Демон с условием IF-NEEDED (англ. needed – нужно, необходимо) запускается, если в момент обращения к слоту его значение не было установлено. Демон типа IF-ADDED(англ. added – добавлять) запускается при попытке изменения значения слота. Демон IF-REMOVED запускается при попытке удаления значения слота. Возможны также другие (англ. removed – удалять) типы демонов. Демон является разновидностью связанной процедуры. Присоединенная процедура. В качестве значения слота может использоваться процедура, называемая служебной в языке Лисп или методом в языках объектно-ориентированного программирования. Присоединенная процедура запускается по сообщению, переданному из другого фрейма. Демоны и присоединенные процедуры являются процедурными знаниями, объединенными вместе с декларативными в единую систему. Эти процедурные знания являются средствами управления выводом во фреймовых системах, причем с их помощью можно реализовать любой механизм вывода. Представление таких знаний и заполнение ими интеллектуальных систем — весьма нелегкое дело, которое требует дополнительных затрат труда и времени разработчиков. Поэтому **проектирование фреймовых систем выполняется, как правило, специалистами, имеющими высокий уровень квалификации в области искусственного интеллекта.** Часть специалистов по системам искусственного интеллекта считают, что нет необходимости выделять фреймовые модели представления знаний, так как в них

объединены все основные особенности моделей остальных типов (семантических и ассоциативных сетей и т. д.).

6.5.3. Примеры представления фреймов

Приведем несколько примеров фреймовых описаний. **Пример 1.**

Фрейм, описывающий человека. Фрейм: Человек
Имя слота: Значение слота
Класс: Животное
Структурный элемент: Голова, шея, руки, ...
Рост: 1м 80 см
Масса: 85 кг
Хвост: Нет
Язык: Русский, английский, ...
Связь: Обезьяна

Пример 2. Описание с помощью фреймов понятия письменного отчета. В виде семантической сети «отчет» можно представить следующим образом. Приведем представление понятия «отчёт» с помощью фреймов.

Пример 3. Спецификации фреймов на продукционно-фреймовом языке описания знаний PILOT/2 (формализация) Фреймы John и Mary — экземпляры фрейма-прототипа Person. [Person is_a prototype; Name string, if_changed ask_why(); Age int, restr_by >=0; Sex string, restr_by (== «male» || == «female»), by_default «male»; Children {frame}]; [John is_a Person; if_deleted bury(); Name = «Johnson»; Age = 32; Children = {Ann, Tom}]; [Mary is_a Person; without Age; Name = «Smirnova»; Sex = «female»; Children = empty]; 3. Пример представления фрейма Смотрите выше примеры на языке представления фреймов. Фреймовая (объектно-ориентированная) модель представления знаний. Структура фрейма, его атрибуты и виды. Пример представления фрейма на <http://mirrorref.ru>

Источник: http://mirrorref.ru/ref_meratyatyrnaaty.html

6.6. формула интеллекта и представление знаний

Такие понятия как "интеллект", "интеллектуальность", у специалистов различного профиля (системного анализа, информатики, нейропсихологии, психологии, философии и др.) могут несколько различаться, причем это не несет в себе никакой опасности

Примем, не обсуждая ее положительные и отрицательные стороны, следующую "формулу интеллекта":

"Интеллект=цель+ факты + способы их применения",

или, в несколько более "математическом", формализованном виде:

"Интеллект = цель + аксиомы + правила вывода из аксиом".

При поиске наиболее удобных, рациональных средств и форм информационного обмена человек чаще всего сталкивается с проблемой компактного, однозначного и достаточно полного *представления знаний*.

Знания - система понятий и отношений для информационного обмена. Можно условно классифицировать *знания* в предметной области на *понятийные, конструктивные, процедурные, фактографические знания* и *метазнания*.

Понятийные знания – набор (совокупность) понятий, используемых при решении данной задачи, например, в фундаментальных науках и теоретических областях наук, т.е. это **понятийный аппарат науки**.

Конструктивные знания - наборы структур, подсистем системы и взаимодействий между их элементами, например, в технике.

Процедурные знания - методы, процедуры (алгоритмы) их реализации и идентификации, например, в прикладных науках.

Фактографические знания - количественные и качественные характеристики объектов и явлений, например, в экспериментальных науках.

Метазнания - *знания* о порядке и правилах применения *знаний* (*знания о знаниях*).

Представление знаний есть процесс, конечная цель которого - представление информации (семантического смысла, значения) в виде информативных сообщений (синтаксических форм): фраз устной речи, предложений письменной речи, страниц книги, понятий справочника, объектов географической карты, мазков и персонажей картины и т.п.

Для этого необходимо пользоваться некоторой конструктивной системой правил для их представления и восприятия (прагматического смысла). Назовем такую систему правил **формализмом представления знаний**. Неформализуемые знания - это знания, получаемые с применением неизвестных (неформализуемых) правил, например, *эвристики*, интуиции, здравого смысла и принятия решений на их основе.

Человек пользуется естественным *формализмом* - языком, письменностью. Язык, языковые конструкции развиваются благодаря тому, что человеческие знания постоянно нуждаются в языковом представлении, выражении, сжатии, хранении, обмене. **Мысль, которую нельзя выразить в языковой конструкции, не может быть включена в информационный обмен. Язык - форма представления знаний.** Чем многообразнее язык народа, чем больше знаний он может отражать, тем богаче культура народа. В то же время, **предложения и слова** языка должны иметь **однозначный семантический смысл**. Особую роль играет **язык математики как язык наук** (не только точных, но и гуманитарных), формализации *знаний*, основа изложения системы *знаний* в естественных науках. Свой язык имеют химия, физика, экономика, информатика и т.д. Языки наук часто пересекаются и взаимообогащаются при исследовании междисциплинарных проблем.

Использование языковых систем и диалектов повышает надежность информационного обмена, снижая возможность неправильного истолкования передаваемой информации и уровень шумов в сообщениях. Главное назначение языка науки - создавать и использовать типовые, "стандартные" формы изложения, сжатия и хранения *знаний*, **ликвидация полисемии (смысловой многозначности) естественного языка**. Полисемия, обогащая естественный язык, делая его богаче и выразительнее, тем не менее, является в информационном обмене источником семантического шума, смысловой неоднозначности, а часто - и алогичности, неалгебраичности.

Пример. Найдем и формализуем закономерность в последовательности 1, 10, 11, 100, 111, 1000, 1111, 10000, Из сравнения членов $A[i]$ ($i=1, 2, \dots$) последовательности, стоящих на четных местах и на нечетных местах, видно, что: 1) элемент на нечетном месте получается из элемента на предыдущем нечетном

месте добавлением единицы справа к нему; 2) каждый элемент на четном месте получается из элемента на предыдущем четном месте добавлением справа к нему нуля. Это словесно описанное (неформализованное) правило можно записать на математическом языке, в аналитическом виде. Получим для случаев 1) и 2): $A[2n]=10A[2n-2]$, $A[2n-1]=10A[2n-1]+1$, $n=1, 2, \dots$. Можно записать формулу, объединяющую обе эти формулы: $A[2n+m]=10A[2n+n-2]+m$, где $m=0$ или $m=1$. Лучшая форма (с меньшей полисемией):

$$A[2n+\text{mod}(n, 2)] = 10A[2n+\text{mod}(n, 2)-2] + \text{mod}(n, 2).$$

Пример. Формализуем закон формирования последовательности: АВ, ААВ, АВВ, АААВ, АВВВ, Словесное описание правила имеет вид: к слову, стоящему на очередном нечетном месте, добавляется с конца символ "В", а к слову, стоящему на очередном четном месте слева, добавляется символ "А". "Формульная" запись правила: $X_{2n+1}=X_{2n-1}+В$, $X_{2n}=A+X_{2n-2}$, $n=1, 2, 3, \dots$. Здесь операция "+" означает **конкатенацию (присоединение текста к тексту справа)**, а X_n - элемент последовательности на n-м месте. Одной из важных форм (методов) формализации *знаний* является их представление классом (*классификация*). **Классификация** - выделение некоторого критерия (некоторых критериев) распределения и группировка систем или процессов таким образом, что в одну группу попадают лишь те системы (процессы), которые удовлетворяют этому критерию (значению критерия). **Классификация** - это метод научной систематики, особенно важный на начальном этапе формирования базовых знаний научного направления.

Классификация, установление эквивалентности объектов, систем позволяет решать такие важные задачи информатики как фиксация *знаний*, поиск по образцу, сравнение и др.

Пример. Такими системами являются классификационная система К. Линнея в ботанике, систематика живых организмов, таблица элементов Д. Менделеева, систематика экономических систем, механизмов, "табель о рангах", введенная Петром Первым в 1722 г. Эта табель подразделяла чины на 14 рангов. Каждому чину соответствовала определенная должность. Первые 6 рангов статской и придворной служб и первый обер-офицерский чин в армии давали право на

получение потомственного дворянства, что способствовало формированию дворянской бюрократии. Таким образом, "табель о рангах" выполняла социально-экономическую *классификацию* определенной (определяющей) части общества, социально-экономическое стимулирующее упорядочивание.

Указанные выше классификационные системы - иерархические структуры (модели) *представления знаний*. Отдельные понятия, факты, *знания*, связаны между собой отношениями дедуктивного (от частного к общему), индуктивного (от общего к частному) или индуктивно-дедуктивного вывода и формализуются соответствующими формальными структурами: **древовидными, морфологическими, реляционными и др.**

Пример. Рассмотрим систему "Фирма". Опишем всех сотрудников фирмы в лексикографически упорядоченном списке с именем "Сотрудники", указывая табельный номер, ФИО, год рождения, образование, специальность, разряд, стаж работы. Этот список дает нам *знание* о коллективе, его возрастных и профессиональных качествах и др. Составим другой список - "Заработная плата", где укажем для каждого сотрудника условия оплаты, величину их заработка (стоимости единицы времени их работы). Этот список дает нам *знания* о системе оплаты фирмы, ее финансового состояния и др. Оба списка содержат необходимый объем *знаний* о трудовом коллективе, если цель исследования этой системы - начисление заработной платы. Здесь мы наблюдаем и древовидные, и морфологические, и реляционные модели *представления знаний*.

Для более строгой формализации (сложных и динамических) *знаний* используют такой инструментарий, как *категории* и *функторы*. Впрочем, математическая сложность такого аппарата не дает применять его на первоначальных этапах формализации *знаний* и он чаще используется лишь тогда, когда *знания* получили достаточно полную математическую форму описания.

Появление и развитие объектно-ориентированных технологий и объектно-ориентированного проектирования, использующих близкие по духу идеи, тем не менее, актуализируют аппарат *категорий* и *функторов*, поэтому введем основные начальные понятия.

Категория $K = \langle S, M \rangle$ - это совокупность S элементов (компоненты, характеристики, параметры, свойства и другие параметры исследуемой системы), называемых объектами *категории*, и совокупность преобразований, *морфизмов* M - специального типа **преобразований**, которые позволяют **описывать (определять)**, например, эквивалентность, инвариантность и другие **свойства**. Объекты и морфизмы связаны между собой так, что:

1. каждой упорядоченной паре объектов $A, B \in S$ сопоставлено множество $M(A, B)$ морфизмов из M ;
2. каждый морфизм $m \in M$ принадлежит только одному из множеств $M(A, B)$;
3. в классе морфизмов M введен закон композиции морфизмов: произведение $a \circ b$ морфизма $a \in M(A, B)$ на морфизм $b \in M(B, C)$ определено и принадлежит $M(A, C)$ тогда и только тогда, когда объект $B \in S$ совпадает с объектом $C \in S$, причем композиция морфизмов ассоциативна: $(a \circ b) \circ c = a \circ (b \circ c)$;
4. в каждом множестве $M(A, A)$ содержится единичный или тождественный морфизм I_A : $\forall a \in M(X, A), \forall b \in M(A, Y), \forall A, X, Y \in S, \exists I_A: a \circ I_A = a, I_A \circ b = b$.

Категории, их использование для *представления знаний* адекватны мыслительным процедурам человека, учитывающим опыт, интуицию, понимание мира в терминах *категорий*, которым мы затем приписываем **реальные оболочки, конкретные структуры**. Объекты *категории* могут быть связаны между собой, влиять друг на друга, даже если у них нет общего (формального) сходства, а свойства *категорий* отражают сущность способностей человека, его поведения в окружении.

Функтор - обобщение понятия *категории*. Для введения преобразования между *категориями* используем понятие *функтора*. *Функтор* - аналог семантической операции, т.е. преобразования информации, приводящего к появлению некоторого смыслового (семантического) содержания.

Функтор определяется парой отображений, которые сохраняют композицию морфизмов и тождественные отображения (сохраняют смысл информации при преобразованиях): **одно отображение преобразует объекты S (грубо говоря, - информацию), а другое - преобразует морфизмы M (грубо говоря, - семантический смысл).**

Самый плохо формализуемый в информатике процесс - это процесс образования семантического смысла. Строгая математическая основа аппарата *категорий* и *функторов* позволяет исследовать семантический смысл математически корректно (путем построения семантических сетей, анализа *фреймов*, *продукционных правил* и др.), что является необходимым условием формализации *знаний*, разработки баз *знаний* и систем интеллектуальной поддержки принятия решений.

Категорийно-функторный подход к проблеме формализации *знаний* позволяет формализовать многие интуитивно используемые понятия.

Пример. Формализуем, например, понятия "формула", "теория".
Формула F_i - запись вида $R_i^{(k)}(x_1, \dots, x_k)$, которую следует читать так: k переменных x_1, \dots, x_k удовлетворяют отношению $R_i^{(k)}$. В каждой i -ой формуле F_i может быть различное число свободных (не связанных) переменных. Понятие "(формальная) теория" можно определить как кортеж $T = \langle S, F \rangle$, где S - **сигнатура (множество определенных, разрешенных операции)**, а F - множество формул без свободных переменных (**аксиом теории**). Если дополнительно определено и множество правил вывода P , то $T = \langle S, F, P \rangle$. Отсюда видно, что формальная теория базируется на конкретной предметной области, определяемой **сигнатурой**.

Для компьютерного представления и обработки *знаний* и данных о предметной области (об объектах, процессах, явлениях, их структуре и взаимосвязях), они должны быть формализованы и представлены в определенном формализованном виде.

При традиционном способе реализации математической модели, *знаний*, заложенных в ней, строится **моделирующий алгоритм (моделирующая программа)**, т.е. *знания* процедурно зависят от метода (алгоритма) обработки. В интеллектуальных системах (в

системах искусственного интеллекта, в частности) *знания* о предметной области представлены в виде **декларативной (описательной)** модели формирования базы *знаний* и соответствующих правил вывода из нее и явно не зависят от процедуры их обработки. Для этого используются специальные модели *представления знаний*, например, **продукционные, фреймовые, сетевые и логические**. При обработке модели *знаний* используются процедуры логического вывода, называемые также механизмом или машиной вывода. Обычно в базе *знаний* зафиксированы общие закономерности, правила, **описывающие проблемную среду и предметную область**. Процедуры вывода позволяют на основании общих правил вывести решение для заданной конкретной ситуации, описываемой некоторыми исходными данными. Цепочка логического вывода строится по мере приближения к решению, в зависимости от выведенных на каждом шаге данных и выведенных к этому шагу новых *знаний*. Конкретные формы организации дедуктивного вывода зависят от того, в какой форме представлены *знания* в базе *знаний* (на каком языке *представления знаний*).

Продукционная модель представления знаний наиболее распространена в приложениях. Модель реализуется правилами-продукциями:

если <условие> то <заключение>.

В качестве условия может выступать любая совокупность суждений, соединенных логическими связками и (\wedge), или (\vee).

Пример. Продукцией будет следующее правило:

если (курс доллара-растет) \vee (сезон-осень) \wedge (число продавцов-убывает)
то (прогноз цен на рынке жилья - рост рублевых цен на квартиры) .

Такого рода правила и *знания* о ценах, предложении и спросе на рынке жилья могут стать базой для базы *знаний* о рынке жилья и экспертной системы для риэлторской группы (фирмы).

Существуют две основные стратегии вывода на множестве правил-продукций:

1. **прямой вывод** (вывод от исходных данных - фактов, аксиом - к цели, по пути вывода пополняя исходную базу *знаний* новыми полученными истинными фактами; процесс заканчивается лишь тогда, когда выведен факт, эквивалентный искомому);
2. **обратный вывод** (вывод от целевого факта к данным, на очередном шаге отыскивается очередной факт, в заключительной части содержится факт, эквивалентный исходному факту; процесс заканчивается тогда, когда для каждого факта, выведенного на очередном шаге, не будет найдено правило, имеющее этот факт в качестве заключения, а посылками - исходные или выведенные на предыдущих шагах факты).

Обе приведенные стратегии вывода имеют недостатки, достоинства и модификации.

Пример. Если все множество правил-продукций разбито на группы по некоторому признаку (структурировано), то вместо полного или случайного перебора всех правил при прямом и обратном выводе осуществляется целенаправленный переход от одной группы правил к другой. Используются также смешанные стратегии вывода, сочетающие прямой и обратный вывод.

Продукционные модели удобны для представления логических взаимосвязей между фактами, так как они более формализованы и достаточно строгие (теоретические), модульные (продукции явно между собой не связаны, поэтому их можно модифицировать по модульной технологии), соответствуют долговременной памяти человека.

Представление знаний в виде семантической сети является одной из основных моделей представления знаний.

Семантическая сеть - это ориентированная графовая структура, каждая вершина которой отображает некоторое понятие (объект, процесс, ситуацию), а ребра графа соответствуют отношениям типа "это есть", "принадлежать", "быть причиной", "входить в", "состоять

из", "быть как" и аналогичным между парами понятий. На *семантических сетях* используются специальные процедуры вывода: пополнение сети, наследование свойств, поиск по образцу и др.

Пример. Рассмотрим факт: "причиной неритмичной работы предприятия является старое оборудование, а причиной последнего - отсутствие оборотных средств". *Семантическая сеть* может содержать вершины "оборотные средства", "старое оборудование", соединяемые ребрами - отношениями типа "быть причиной".

Достоинство *семантических сетей* - наглядность *представления знаний*, с их помощью удобно представлять причинно-следственные связи между элементами (подсистемами), а также структуру сложных систем. Недостаток таких сетей - сложность вывода, поиска подграфа, соответствующего запросу.

Характерная особенность *семантических сетей* - наличие **трех типов отношений**:

1. класс - элемент класса (часть - целое, класс - подкласс, элемент - множество и т.п.);
2. свойство - значение (иметь свойство, иметь значение и т.п.);

пример элемента класса (элемент за, элемент под, раньше, позже) **Фреймовая модель представления знаний** задает остоу описания класса объектов и удобна для описания структуры и характеристик однотипных объектов (процессов, событий) описываемых **фреймами** - специальными ячейками (**шаблонами понятий**) **фреймовой сети (знания)**.

Фрейм - концентратор *знаний* и может быть активизирован как отдельный автономный элемент и как элемент сети. **Фрейм** - это **модель кванта знаний** (абстрактного образа, ситуации), активизация *фрейма* аналогична активизации этого кванта *знаний* - для объяснения, предсказания и т.п. Отдельные характеристики (элементы описания) объекта называются **слотами фрейма**. *Фреймы* сети могут наследовать *слоты* других *фреймов* сети.

Различают **фреймы-образцы** (прототипы), хранящиеся в базе *знаний*, и **фреймы-экземпляры**, создаваемые для отображения реальных ситуаций для конкретных данных.

Фреймовое представление данных достаточно универсальное. Оно позволяет отображать *знания* с помощью:

- **фрейм-структур** - для обозначения объектов и понятий;
- **фрейм-ролей** - для обозначения ролевых обязанностей;
- **фрейм-сценариев** - для обозначения поведения;
- **фрейм-ситуаций** - для обозначения режимов деятельности, состояний.

Пример. Фрейм-структурами являются понятия "заем", "вексель", "кредит". Фрейм-роли - "кассир", "клиент", "сервер". Фрейм-сценарии - "страхование", "банкинг", "банкротство". Фрейм-ситуации - "эволюция", "функционирование", "безработица".

Пример. Например, возьмем такое понятие, как "функция". Различные функции могут отличаться друг от друга, но существует некоторый набор формальных характеристик для описания любой функции (*фрейм* "Функция"): тип и допустимое множество изменений аргумента (область определения функции), тип и допустимое множество значений функции (множество значений функции), аналитическое правило связи аргумента со значением функции. Соответственно, могут быть определены *фреймы* "Аргумент", "Значение функции", "Закон соответствия". Далее можно определить *фреймы* "Тип аргумента", "Вычисление значения функции", "Операция" и др. Пример *слотов* для *фрейма* "Закон соответствия": аналитический способ задания закона; сложность вычисления (реализации). Чтобы описать конкретное значение *фрейма*, необходимо каждому *слоту* придать конкретное значение, например, таким образом:

Имя *фрейма* - Функция;

Аргумент - x ;

Значение функции - y ;

Закон соответствия - квадратичный.

Слоты:

Значения аргумента - R;

Способ задания функции - $y=ax^2+bx+c$;

Сложность вычисления - 7.

Пример. Фрейм "Задача вычислительного типа" - на рис. 1.

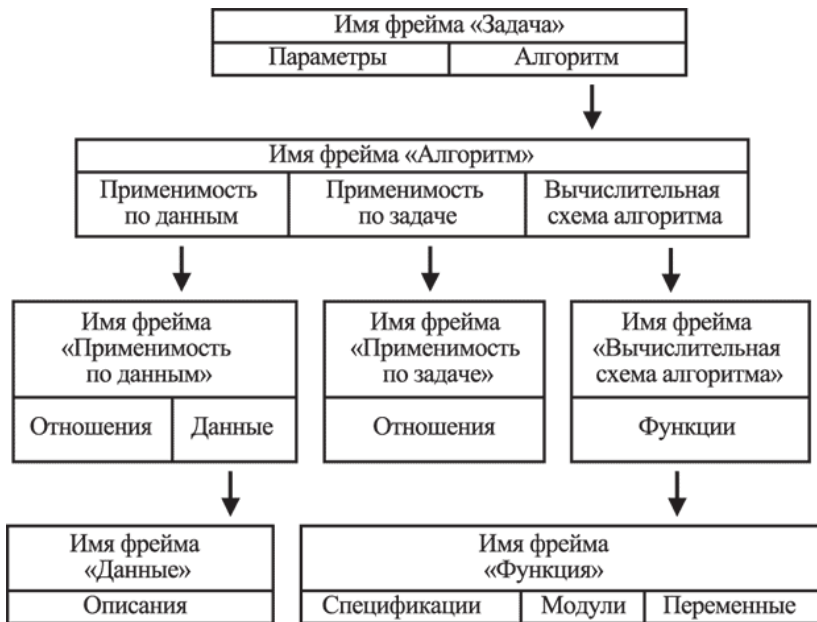


Рис. 1. Структура фрейма "Задача вычислительного типа"

Фреймовое представление наглядно и структурировано (модульно) и позволяет получать описание системы в виде связанных, иерархических структур (модулей - *фреймов*, единиц *представления знаний*).

Логическая (предикатная) модель представления знаний основана на алгебре высказываний и предикатов, на системе аксиом этой алгебры и ее правилах вывода. Из предикатных моделей наибольшее распространение получила модель предикатов первого порядка, базирующаяся на **термах** (аргументах предикатов - логических констант, переменных, функций), **предикатах** (выражениях с логическими операциями). Предметная область описывается при этом с помощью **предикатов и системы аксиом.**

Пример. Возьмем утверждение: "Инфляция в стране превышает прошлогодний уровень в 2 раза". Это можно записать в виде *логической модели*: $r(\text{InfNew}, \text{InfOld}, n)$, где $r(x, y)$ - отношение вида " $x=ny$ ", InfNew - текущая инфляция в стране, InfOld - инфляция в прошлом году. Тогда можно рассматривать истинные и ложные предикаты, например, $r(\text{InfNew}, \text{InfOld}, 2)=1$, $r(\text{InfNew}, \text{InfOld}, 3)=0$ и т.д. Очень полезные операции для логических выводов - **операции импликации, эквиваленции и др.**

Логические модели удобны для представления логических взаимосвязей между фактами, они формализованы, строги (теоретические), для их использования имеется удобный и адекватный инструментарий, например, язык логического программирования Пролог.

Модель предметной области можно определить упрощенно в виде:

$\langle \text{модель предметной области} \rangle = \langle \text{понятийные знания} \rangle + \langle \text{конструктивные знания} \rangle$.

При реализации указанных выше моделей используются **эвристики** - эмпирические или полуэмпирические правила, с помощью которых эксперт (экспертная группа) в отсутствие алгоритма (например, задача плохо структурируема) пытается найти решение, моделируя возможный ход рассуждений эксперта на основе эвристической информации, получаемых в результате опыта, наблюдения, сбора и анализа статистики.

Пример. Сбор эвристической информации у представителей рынка приводит к следующим *знаниям*, которые можно представить, например, *семантической сетью* или продукциями:

1. нужно рекламировать свой товар активно в начальный период;
2. нужно поднимать цены в условиях отсутствия конкуренции;
3. нужно опускать цены в условиях жесткой конкуренции;
4. нужно стараться быть монополистом на рынке и др.

Многие знания, особенно находящиеся на стыке наук, трудно формализовать и описать формальными моделями, исследовать аналитически. В таких случаях часто применяют *эвристики*, эвристические процедуры, использующие аналоги, опыт поиска нового, исследования родственных задач, перебор вариантов с учетом интуиции.

Пример. Такими процедурами учат компьютер играть в шахматы. Шахматная программа - один из самых ранних примеров невычислительного применения ЭВМ. Если в 50-х годах она "играла" на уровне "разрядника", то за 40-50 лет она "научилась играть" на уровне чемпиона мира.

К.В.Мельников

7. Способы представления знаний в экспертных системах

Введение

7.1. Структура, классификация и тенденции развития ЭС

Типичная ЭС состоит из следующих компонентов:

- решатель (интерпретатор системы логического вывода);
- рабочая память (РП) (база данных);
- база знаний (БЗ);
- компонент приобретения знаний;
- объяснительный компонент;
- диалоговый компонент.

База данных хранит исходные и промежуточные данные решаемой в текущий момент задачи.

База знаний предназначена для хранения долгосрочных данных, описывающих рассматриваемую область (а не текущих данных), и правил, описывающих целесообразные преобразования данных в этой области.

Решатель, используя исходные данные из РП и знания из БЗ, формирует такую последовательность правил, которые, будучи применены к исходным данным, приводят к решению задачи.

Компонент приобретения знаний автоматизирует процесс наполнения ЭС знаниями, осуществляемый пользователем-экспертом, а также формирует знания на основе анализа прикладных ситуаций. Важной составляющей компонента приобретения знаний является интеллектуальный редактор базы знаний.

Объяснительный компонент объясняет, как система получила решение задачи (или почему она не получила решения) и какие знания она при этом использовала, что облегчает эксперту тестирование системы и повышает доверие пользователя к полученному результату.

Диалоговый компонент ориентирован на организацию дружелюбного общения со всеми категориями пользователей как в ходе решения задачи, так и приобретения знаний, объяснения результатов работы.

Экспертные системы как любой сложный объект можно определить только совокупностью характеристик. Рассмотрим классификацию ЭС по следующим признакам:

1. По решаемой задаче:

- ЭС **интерпретации данных** — предназначены для определения смысла данных. Результаты должны быть согласованными и корректными. В рамках таких систем предусматривается многовариантный анализ данных.
- ЭС **диагностики** выполняют процессы отнесения объекта к некоторому классу и обнаружения неисправностей в некоторых системах. Неисправностью в данном случае считается любое отклонение от нормы. Такая трактовка позволяет с единых теоретических позиций рассматривать и неисправности оборудования в технических системах, и заболевания живых организмов, и природные аномалии.
- ЭС **мониторинга** ориентированы на непрерывную интерпретацию данных в реальном масштабе времени и сигнализацию о выходе параметров за допустимые пределы.
- ЭС **проектирования** готовят спецификации на создание “объектов” с заранее заданными свойствами. Под спецификацией понимается весь набор необходимых технических графических и текстовых документов.
- ЭС **планирования** находят планы действий, относящиеся к объектам, способным выполнять некоторые функции. В таких ЭС используются модели поведения реальных объектов с тем, чтобы логически вывести последствия планируемой деятельности.
- ЭС **обучения** диагностируют ошибки при изучении какой-либо дисциплины с помощью ЭВМ и подсказывают правильные решения. Они аккумулируют знания о гипотетическом “ученике” и его характерных ошибках, затем в работе они способны диагностировать слабости в познаниях обучаемых и находить соответствующие средства для ликвидации этих слабостей.

Все рассмотренные типы ЭС могут быть объединены в две группы — ЭС **синтеза** и **анализа**. Принципиальное их отличие состоит в том, что для систем анализа пространство решений детерминировано и ограничено определенным заранее множеством. Для систем синтеза множество решений потенциально, решение строится (конструируется) в процессе рассуждений.

К системам **анализа** относятся системы **интерпретации**, **диагностики**.

К системам синтеза — проектирования, планирования.

К комбинированным системам относятся ЭС обучения, мониторинга, прогнозирования.

2. По связи с реальным временем:
 - **Статические** — работают в предметных областях, где представления и знания носят достаточно выраженный статический характер (слабо или почти не изменяются со временем). Примером тому может служить диагностика неисправностей автомобилей.
 - **Квазидинамические** системы интерпретируют ситуацию по совокупности отсчетов (измерений), поступающих дискретно, через заданные отсчеты времени, и анализируют динамику изменения показателей исследуемого процесса. Это системы управления и оценки состояния химических и биологических производств.
 - **Динамические** системы проводят непрерывную по времени оценку быстро меняющейся ситуации, данные о которой поступают разными путями (в т.ч. через непосредственно присоединенные датчики) и интерпретируют получаемые данные для выработки управляющих воздействий. Это системы контроля производства, системы мониторинга в реанимационных палатах. Встречается и расширенное толкование динамических ЭС. Под такими ЭС понимаются системы, которые отслеживают процессы, проходящие на фоне изменения текущего состояния предметной области. Тогда исходные данные, описывающие предметную область, изменяются за время решения задачи. Считается, что на традиционных (числовых) последовательных ЭВМ с помощью существующих методов инженерии знаний можно решать только статические задачи, а для решения динамических задач, составляющих большинство реальных приложений, необходимо использовать специализированные символьные ЭВМ.
3. По степени интеграции:

- **Автономные ЭС** поддерживают только режим консультации по поводу каких-либо ситуаций на основе имеющихся знаний в данной ПО.
- **Интегрированные (или гибридные) ЭС** содержат в себе прикладные подсистемы целевого назначения (обработки прикладной информации) или являются частью больших интегрированных многофункциональных пакетов, выполняя экспертизу ситуации, данные о которой могут быть получены, обработаны и использованы другими подсистемами. Примером интегрированной ЭС может служить медицинская ЭС VasaCor, функционирующая в оболочке Image Expert, которая помимо подсистемы экспертизы (базы знаний, модуля логического вывода и т.п.) включает в себя средство визуализации и обработки рентгенограмм, позволяющее получить количественные и качественные показатели, значения которых используются в процессе консультации. Следует отметить, что процесс проектирования интегрированных ЭС на порядок превышает по сложности процесс проектирования автономных ЭС, поскольку в этом случае встает вопрос о концептуальной совместимости технологий обработки информации в рамках каждой из подсистем и разработки принципов и методов их взаимодействия.

В литературе можно также найти классификацию по назначению, проблемной области, глубине анализа проблемной области, по типу используемых методов и знаний, по классу системы, по стадиям существования, по инструментальным средствам.

По степени сложности структуры ЭС делят на **поверхностные** и **глубинные**. Поверхностные ЭС представляют знания об области экспертизы в виде правил (условие - действие). Условие каждого правила определяет образец некоторой ситуации, при соблюдении которой правило может быть выполнено. Поиск решения состоит в выполнении тех правил, образцы которых сопоставляются с текущими данными (текущей ситуацией в РП). При этом предполагается, что в процессе поиска решения последовательность формируемых таким образом ситуаций не оборвется до получения решения. Глубинные ЭС, кроме возможностей поверхностных систем, обладают способностью при возникновении неизвестной ситуации определять с помощью

некоторых общих принципов, справедливых для области экспертизы, какие действия следует выполнить.

Можно выделить три поколения ЭС. К первому поколению относятся автономные поверхностные ЭС, ко второму — статические глубинные ЭС (сюда же, как правило относят гибридные ЭС), к третьему — динамические ЭС (вероятно, они будут глубинными и гибридными).

Выделяют два больших класса ЭС: **простые** и **сложные**. Простая ЭС может быть охарактеризована следующим набором основных параметров: поверхностная ЭС, автономная ЭС (реже гибридная), выполненная на ПЭВМ; коммерческая стоимость от 100 до 25.000 дол.; стоимость разработки от 50 тыс. до 300 тыс. дол.; время разработки от 3 мес. до 1 года (при развитых ИС); от 200 до 1000 правил. Сложная ЭС характеризуется таким набором параметров: глубинная ЭС, гибридная ЭС, выполненная либо на символьной ЭВМ, либо на мощной универсальной ЭВМ, либо на интеллектуальной рабочей станции; коммерческая стоимость от 50 тыс. до 1 млн. дол.; средняя стоимость разработки 5-10 млн. дол.; время разработки от 1 до 5 лет; от 1500 до 10 тыс. правил.

Выделяют следующие стадии существования ЭС:

- Демонстрационный прототип. Имеет в БЗ 50–100 правил. Решает часть задач, демонстрируя жизнеспособность метода инженерии знаний.
- Исследовательский прототип. Решает все задачи, но неустойчива и не полностью проверена. 200-500 правил в БЗ.
- Действующий прототип. Надежно, но недостаточно быстро решает все задачи. 500-1000 правил в БЗ.
- Промышленная стадия. Высокое качество решения всех типов задач при минимуме времени и памяти. 1000–1500 правил в БЗ. Для доведения ЭС до этой стадии требуется 1–1,5 года.
- Коммерческая система пригодна не только для собственного пользования, но и для продажи различным потребителям. Для доведения до этой стадии требуется 1,5–3 года и 0,3–5 млн. дол. При этом в БЗ системы 1500–3000 правил.

Классификация средств описания моделей знаний

На проектирование и создание одной ЭС ранее требовалось 20–30 чел.-лет. В настоящее время имеется ряд средств, ускоряющих создание. Эти средства называют инструментальными средствами (ИС). Использование ИС в настоящее время сокращает время разработки в 3–5 раз.

В широком толковании в инструментарий включают и аппаратные средства. ЭС выполняют на следующих типах ЭВМ: общего назначения, ПЭВМ, интеллектуальных рабочих станциях (типа Sun, Apollo и др., снабженных эффективными ИС для создания ЭС); последовательных символьных ЭВМ типа ЛИСП-машин (Symbolic-3670, Alpha, Explorer, Xerox 1100 и др.) и Пролог-машин; параллельных символьных ЭВМ (Connection, Dado, Faim, Hyper Cube и др.).

Программные ИС классифицируют по нескольким признакам.

По типу ИС делят на:

1. Символьные языки программирования, ориентированные на создание ЭС и систем искусственного интеллекта (ИИ) (например, LISP, INTERLISP, SMALLTALK);
2. Языки инженерии знаний, т.е. языки высокого уровня, ориентированные на построение ЭС (например, OPS-5, LOOPS, Пролог, KES);
3. Системы, автоматизирующие разработку (проектирование) ЭС (например, KEE, ART, TEIRESIAS, AGE, TИММ), их часто называют окружением (environment) для разработки систем ИИ, ориентированных на знания;
4. Оболочки ЭС (или пустые ЭС) — ЭС, не содержащие знаний ни о какой проблемной области (например, Image Expert, ЭКСПЕРТИЗА, ЕМУСIN, ЭКО, ЭКСПЕРТ).

В приведенной классификации ИС перечислены в порядке убывания трудозатрат, необходимых на создание с их помощью конкретной ЭС. При использовании ЭС первого уровня в задачу разработчика входит

программирование всех компонентов ЭС на языке сравнительно низкого уровня. Использование ИС второго типа позволяет значительно повысить уровень языка, что, как правило, приводит к некоторому снижению эффективности. Инструментальные средства третьего уровня позволяют разработчику не программировать все или часть компонентов ЭС, а выбирать их из заранее подготовленного набора. При применении ИС четвертого типа разработчик ЭС полностью освобождается от работ по созданию программ, так как берет готовую пустую ЭС.

При использовании ЭС третьего и четвертого типов могут возникнуть следующие проблемы: управляющие стратегии, вложенные в процедуру вывода ИС, могут не соответствовать методам решения, которые использует эксперт, взаимодействующий с данной ЭС, что может приводить к неэффективным, а возможно и неправильным решениям; язык представления знаний, принятый в ИС, может не подходить для данного приложения.

Развитие систем, автоматизирующих разработку ЭС, приводит к появлению ИС, которые можно назвать настраиваемыми оболочками. Эти ИС позволяют разработчику использовать оболочку не просто как нечто неизменное (как имело место раньше в EMYCIN, KAS), а генерировать оболочку из множества механизмов, имеющихся в ИС. Типичными примерами таких ИС являются Image Expert, KEE, ART, ЭКСПЕРТИЗА, ГЛОБ.

Универсальность задается совокупностью двух параметров: универсальностью представления знаний и универсальностью функционирования. Универсальность представления характеризует способ (модель) представления знаний в ИС и принимает следующие значения: единое представление — ИС использует одну модель, интегральное представление — ИС допускает интегральное использование нескольких моделей, универсальное представление — ИС допускает интегральное использование всех основных моделей представления. Примерами ИС, в которых используются: единое представление, является Пролог, интегральное представление — Image Expert, CENTAUR, а универсальное — KEE, ART.

К основным моделям представления знаний относятся:

1. Логические модели.

В основе моделей такого типа лежит формальная система, задаваемая четверкой вида:

$$M = \langle T, P, A, B \rangle.$$

Множество **T** есть множество базовых элементов различной природы, например слов из некоторого ограниченного словаря, деталей детского конструктора, входящих в состав некоего набора и т.п.

Для множества **T** существует некоторый способ определения принадлежности или непринадлежности произвольного элемента этому множеству. Процедура такой проверки может быть любой, но за конечное число шагов она должна давать положительный или отрицательный ответ на вопрос, является ли **x** элементом множества **T**. Обозначим эту процедуру **П(T)**.

Множество **P** есть множество синтаксических правил. Они определяют способ образования из элементов **T** правильных совокупностей. Декларируется существование процедуры **П(T)**, которая дает ответ на вопрос, является ли **X** синтаксически правильной совокупностью.

В множестве синтаксически правильных совокупностей выделяется подмножество аксиом **A**. Как и для других составляющих, должна существовать процедура **П(A)**, которая определит принадлежность синтаксически правильной совокупности множеству **A**.

Множество **B** есть множество правил вывода. Применяя их к аксиомам, можно получать новые синтаксически правильные совокупности, к которым опять можно применять правила **B**.

Формируется множество выводимых в данной системе совокупностей. Если имеется процедура **П(B)**, с помощью которой можно определить для любой синтаксически правильной совокупности, является ли она выводимой, то соответствующая формальная система является разрешимой.

Для знаний, входящих в базу знаний, можно считать, что множество **A** образуют все информационные единицы, которые введены в базу знаний извне, а с помощью правил вывода из них выводятся производные знания. Формальная система есть генератор порождения

новых знаний, образующих множество выводимых в данной системе знаний. Это свойство позволяет хранить в базе лишь те знания, которые образуют подмножество A , а все остальные получать из них по правилам вывода.

2. Сетевые модели.

В основе сетевых моделей этого типа лежит конструкция, названная семантической сетью. Сетевые модели формально можно задать в виде:

$$H = \langle I, C_1, C_2, \dots, C_n, \Gamma \rangle.$$

Здесь I есть множество информационных единиц, C_1, C_2, \dots — множество типов связей между информационными единицами. Отображение Γ задает между информационными единицами, входящими в I , связи из заданного набора типов связей.

В зависимости от типов связей, используемых в моделях, различают **классифицирующие сети, функциональные сети и сценарии**. В классифицирующих сетях используется отношение структуризации. Такие сети позволяют в базах знаний вводить иерархические отношения между информационными единицами. Функциональные сети часто называют вычислительными моделями, так как они позволяют описывать процедуры “вычислений” одних информационных единиц через другие. В сценариях используются каузальные отношения, а также отношения типа “средство-результат”, “орудие-действие”. Если в сетевой модели допускаются связи различного типа, ее называют **семантической сетью**.

3. Продукционные модели.

В моделях этого типа используются некоторые элементы логических и сетевых моделей. Из логических моделей заимствована идея правил вывода, которые называются продукциями, а из сетевых — описание знаний в виде семантической сети. В результате применения правил вывода к фрагментам сетевого описания происходит трансформация семантической сети за счет смены ее фрагментов, наращивания сети и исключения из нее ненужных фрагментов. Таким образом, в

продукционных моделях процедурная информация явно выделена и описывается иными средствами, чем декларативная. Вместо логического вывода, характерного для логических моделей, в продукционных моделях появляется вывод на знаниях.

4. Фреймовые модели.

Отличие фреймовых моделей в том, что в них фиксируется жесткая структура информационных единиц, которая называется **протофреймом**. В состав протофрейма входят несколько **слотов**, имеющих определенные значения. **Значением слота могут быть любые данные (числа, соотношения, тексты, ссылки на другие слоты). В качестве значения слота может выступать набор слотов более низкого уровня (иерархия).**

При конкретизации фрейма происходит присвоение ему и его слотам конкретных имен и происходит заполнение слотов. На этом этапе из протофреймов получаются фреймы — **экземпляры**. Переход от протофрейма к экземпляру может быть пошаговым, путем последовательного уточнения значений слотов.

Связи между фреймами задаются с помощью специального слота с именем СВЯЗЬ.

7.2. Обзор форм представления знаний в промышленных и коммерческих экспертных системах

Рассмотрим некоторые наиболее популярные ЭС, оказавшие наибольшее воздействие на создание других экспертных и инструментальных систем. Среди систем расширения знаний наиболее значительны PROSPECTOR, MYCIN и R1. Методы решения задач, разработанные при создании системы PROSPECTOR, легли в основу таких ИС, как KAS, SAGE, MICRO-EXPERT, SAVOIR. На основе системы MYCIN созданы ИС EMYCIN, S1, серия ЭС PUFF, SACON, VM, LIHO, ONCOCYN. Система R1 продемонстрировала возможности чисто продукционного языка OPS для построения как ЭС (XSEL, IDI, YES/MVS, MUD), так и ИС, использующих для представления знаний правила OPS.

Язык OPS имеет множество реализаций: OPS-4, OPS-5, OPS-83.

Основу всех реализаций составляет:

1. Описание состояний предметной области в виде переменного числа объектов, имеющих имя и совокупность поименованных атрибутов со значениями;
2. Описание процессов в виде правил, проверяющих наличие в рабочей памяти требуемых объектов, удовлетворяющих заданным условиям и модифицирующих содержимое рабочей памяти;
3. Быстрый механизм сложного сопоставления, основанный на RETE-алгоритме.

Язык OPS не является завершенным инструментом для создания ЭС, в нем отсутствуют средства объяснения и приобретения знаний, весьма ограничены средства тестирования, он труден для использования непрограммистами. Однако он является одним из самых быстрых ИС и реализован на различных типах ЭВМ. На базе OPS создана ЭС R1, предназначенная для определения конфигурации компонентов ЭВМ VAX 11/780, удовлетворяющей требованиям заказчика. Система достигла коммерческой стадии, ее объем 3000 правил языка OPS-5. Управление решением задачи осуществляется чисто продукционным способом.

Система PROSPECTOR решает задачи чисто поверхностным образом, не вникая в суть происходящих в проблемной области процессов. Состояние проблемной области описывается в виде утверждений о проблемной области. Решение задачи состоит в изменении априорно установленных оценок “вероятностей” утверждений, которое осуществляется по результатам наблюдений, поставляемых пользователем. Перерасчет оценок происходит на основе формулы Байеса, связывающей апостериорную вероятность гипотезы с ее априорной вероятностью и вероятностью наблюдения. Взаимосвязь гипотез и наблюдений представлена в виде сети, которую можно рассматривать как графическое представление правил. Для представления правил в сети имеются И и ИЛИ вершины, описывающие условия правил. Дополнительно для выражения таксономии имеется семантическая сеть. Во время решения задачи не выводятся новые утверждения о предметной области. Все утверждения должны быть априорно заданы экспертом.

Система MYCIN решает проблемы несколько иначе и не требует фиксированного набора утверждений о проблемной области.

Назначение системы — оказание помощи лечащим врачам при постановке диагноза и назначение лечения в сложных случаях инфекционных заболеваний крови. Система обладает сведениями о возможной структуре проблемной области, конкретизируемой в ходе консультации. В системе знания о предметной области хранятся в виде троек атрибут-объект-значение, снабженных коэффициентом определенности. Тройки группируются по объектам в соответствии с деревом контекстов, задающим возможную иерархию объектов в предметной области. Дерево контекстов используется для управления ходом консультации, создания в рабочей памяти новых объектов, отслеживания иерархических зависимостей между объектами (тройками) и использования их в ходе сопоставления. Система способна давать пояснения, почему требуется запрашиваемая информация и как получен результат. Создание системы MYCIN привело к развитию работы в следующих направлениях:

- автоматизации процесса формирования БЗ и повышении роли эксперта в создании БЗ (система TEIRESIAS);
- модифицировании системы для ее использования в обучении студентов методам диагностики и терапии (GUIDON, NEOMYCIN);
- обеспечении обработки временной информации и совершенствовании структуры управления (ONCOMYCIN).

Экспертная система EL решает задачу доопределения. Она предназначена для вычисления неизвестных параметров электрических цепей по их структуре и значениям известных параметров. Расчеты осуществляются по формулам для линейных элементов. Нелинейные элементы сводятся к линейным методом аппроксимации. Разные участки цепи аппроксимируются разными уравнениями, причем аппроксимирующее уравнение в данной точке неизвестно. Система доопределяет состояние предметной области, выдвигая предположение о том, на каком участке характеристики находится нелинейный элемент, и проводит анализ исходя из этого предположения. Затем предположение проверяется на совместимость с другими параметрами. Выставление и просмотр предположений могут быть полезны не только как средство повышения эффективности решения задачи, но и как удобная форма формализации знаний

эксперта, отличных от позитивных знаний, которые традиционно должен вводить эксперт в случае чисто продукционных систем. Для решения задач доопределения в ЭС реализуются системы поддержания истинности, обеспечивающие генерацию предположений, их пересмотр и поддержание непротиворечивости получаемых гипотетических альтернативных миров. Наиболее известные схемы поддержания истинности реализованы в виде систем TMS и ATMS.

Примером ЭС, решающей задачи преобразования, является система VM, предназначенная для слежения за состоянием послеоперационных больных. Система создана на основе системы MYCIN и использует частный подход к работе с изменяющимися во времени данными. Представления системы о времени ограничены лишь текущими и предшествующими состояниями. Знания в системе представляется в виде следующих типов правил: перехода, инициализации, состояния, лечения. Система постоянно получает новые показания приборов и запускает свои правила. Правила перехода определяют моменты смены состояний больного, когда необходимо изменить порядок слежения за ним. Моменты смены состояний определяются по выходу показателей за определенные границы. С помощью правил инициализации устанавливается новый контекст, т.е. новые ожидаемые значения. После установления контекста правила состояния определяют поведение системы до тех пор, пока контекст не изменится. Ограниченность такого подхода состоит в том, что при смене состояний учитывается информация только о двух смежных состояниях пациента.

7.3. Задача проектирования интерфейсной компоненты интеллектуальных систем

7.3.1. Анализ интеллектуальных систем с позиции организации интерфейсной компоненты

Рассмотрим класс интеллектуальных систем, ориентированных на знания. Такого рода системы отличаются тем, что в них упор делается не на данные в их классическом фактуальном представлении, а на знания — т.е. метаданные о характере и связях объектов и явлений какой-либо предметной области. Отметим, что указанное разделение не представляет собой абсолютный

критерий классификации, это скорее качественный показатель. Каждая конкретная реализация достаточно мощной ИС содержит как признаки первого, так и второго рода. Однако описанное деление является весьма значимым при проектировании систем вследствие того, что оказывает определяющее воздействие на выбор метода реализации отдельных компонентов — от способа организации данных/знаний до реализации подсистемы пользовательского интерфейса.

Для систем, ориентированных на знания, характерен значительный по объему данных перевес компоненты, отвечающей за хранение правил и соотношений общего порядка. Фактуальная информация (как она представлена в базах данных) в явном виде в таких системах отсутствует. Она представлена неявно в виде уже сформулированных выводов и правил. И хотя практически задача накопления и анализа фактуального материала не выходит за рамки архитектуры этого класса систем, целесообразность такого механизма можно поставить под сомнение в силу следующих обстоятельств. Экспертные системы, содержащие знания специалистов высокого уровня в обслуживаемых предметных областях, в большинстве своем задействуются для анализа нетривиальных ситуаций, имеющих место в данной предметной области. Естественно, что для решения простой или типичной задачи специалист не будет прибегать к услугам ЭС. Таким образом, если и наделить рассматриваемую нами систему аппаратом сбора фактов об обработанных ситуациях и статистического анализа, результатом которого будет являться генерация правил и выводов, то можно с достаточной степенью уверенности предположить, что построенные таким образом модели будут отличаться от моделей, построенных экспертом, ибо он умозрительно включает в рассмотрение все ситуации предметной области, причем в нужных соотношениях частот их повторения.

В литературе господствует мнение о том, что оптимальным способом взаимодействия пользователя с интеллектуальными системами является естественный язык, а ограничения, накладываемые на язык взаимодействия человека и компьютерных систем в некоторых реализациях подобного подхода (например, ОЕЯ), воспринимаются как вынужденная мера. **Регламентированные языки (языки меню, запросов, форм и шаблонов)** трактуются как еще более узкие и изначально ограниченные средства общения. При этом подразумевается, что в любой ситуации общения пользователя с системой ЕЯ обладает преимуществами на том основании, что он является наиболее привычным средством общения для человека.

Принимая во внимание, что, по данным психологов, человек до 90% информации принимает по зрительному каналу, отметим, что ЕЯ как средство общения органичен в области коммуникации человека с человеком, а происхождение тезиса о том, что с помощью этого средства можно достичь и наибольшей эффективности при взаимодействии человека с компьютерными системами, явственно просматривается в стане апологетов искусственного интеллекта.

Два способа организации взаимодействия ЭС с пользователем отражают два подхода к разрабатываемым системам. Первый — подход от баз данных, когда основу системы составляет фактуальная информация, организованная и структурированная классическими методами СУБД, а “знаниями” нагружается ИПС, обеспечивающая доступ к БД. Второй — когда основное содержание системы составляют заложенные в нее концептуальные знания, а не чисто информационный набор фактов. На наш взгляд, только в первом случае уместно говорить о естественном языке как о наиболее приемлемом способе общения с системой, поскольку к системе (как к информационно-поисковой) предъявляется требование обработки запросов достаточно большой степени сложности (по совокупности нескольких параметров, с использованием условных конструкций и т.д.), кроме того, как правило, пользователи такого рода систем не обладают достаточным уровнем профессиональной подготовки. **К системам другого рода, пользователями которых являются подготовленные специалисты (очевидно не только в своей предметной области, но также имеющие развитые навыки общения с компьютерными информационными системами), предъявляются несколько иные требования.** В рассматриваемом классе ориентированных на знания систем (это в большинстве своем ЭС диагностики, анализа ситуации, поддержки принятия решения, мониторинга) на первый план выдвигается удобство и скорость обмена информацией участниками общения. Достаточный объем умолчаний, заранее определенная задача, которая известна участникам до начала процесса коммуникации, делают естественный язык преградой на пути повышения эффективности общения. В данном случае целесообразно использование регламентированных языков, использующих умолчания и соглашения, оперирующих специализированными понятиями, очевидными участникам общения в контексте решаемой ими задачи.

Помимо диалога с ЭС в процессе решения задачи, реализация объяснительной компоненты на регламентированном языке также

способна в значительной мере повысить эффективность этой подсистемы. С одной стороны, в настоящее время очевидно, что даже простейшая гипертекстовая организация информации (в данном случае поясняющей компоненты) повышает удобство и значительно увеличивает скорость доступа к информации по сравнению с методом общения на естественном языке. С другой стороны, взаимодействие эксперта с системой в режиме отладки модели на естественном языке будет, мягко говоря, не вполне адекватно, ибо в процессе создания модели они оба уже прошли этап формулирования промежуточных понятий и абстракций, раскрытие которых естественно-языковым представлением повлечет за собой только усложнение (и, по всей видимости, существенное замедление) процесса понимания со стороны эксперта. Хорошо спроектированная интерфейсная компонента, реализованная с помощью регламентированного языка описания объектов и явлений предметной области, способна, на наш взгляд, вывести эксперта за рамки вербального способа представления информации, что во многих случаях повысит эффективность общения пользователя как в режиме консультации (эксплуатации) экспертной системы, так и в режиме наполнения баз знаний и отладки моделей знаний. Удачно подобранные графические образы способны вызывать реакцию пользователя быстрее, чем подробные словесные описания. Кроме того, компактность графического представления позволяет отобразить большее количество сущностей и видов связей между ними на единице экранного пространства, видеоряд активизирует большее количество ассоциативных связей, звуковой вывод позволяет акцентировать внимание на внештатных, аварийных ситуациях, в этих же случаях звуковой канал может служить наиболее приемлемым способом передачи односложной информации в систему.

Однако перечисленные способы представления информации существенно отличаются как по своей физической природе, так и по способам представления и обработки в компьютерных системах. Очевидно, что для разработчика интеллектуальной системы взаимодействия и для пользователя был бы приемлем в достаточной степени прозрачный аппарат описания и манипулирования образами объектов реального мира, представленными в текстовой, графической, динамической, звуковой формах.

Выделим два основных аспекта поставленной таким образом проблемы. Интересной, с одной стороны, представляется задача конструирования и описания интерфейса проектируемых интеллектуальных систем. С другой стороны, рассмотрим

методику создания и наполнения такого рода систем и необходимые для этого инструментальные средства для поддержки процессов подготовки и обработки данных различных типов.

Так, к области экспертных систем с определенной степенью приближения можно отнести системы:

- диагностики,
- анализа ситуации,
- поддержки принятия решения,
- мониторинга.

7.3.2. Требования к системам

Требования к системам представления знаний (в том числе к интерфейсу взаимодействия человека с системой):

1. Для систематизированного управления сложными знаниями большого объема желательно организовывать все знания на основе концептуальных объектов.
2. В целях увеличения гибкости системы следует сделать возможным представление в виде комбинации декларативных и процедурных знаний для описания связанных с ними концептуальных объектов.
3. Поскольку концепт обычно имеет иерархическую структуру, связанную с некоторой степенью абстракции, то и для представления знаний следует применять иерархическую структуру.
4. При решении сложных проблем считается, что различные состояния вывода применяются в комбинациях в соответствии с ситуацией. Поэтому и в представлении знаний необходимы функции, учитывающие это обстоятельство.
5. Создание сложных систем, основанных на знаниях, есть во многом эмпирический процесс. Это выражается в том, что удельный вес процессов отладки и доведения системы до нужного уровня достоверности выводов превышает затраты на описание и ввод модели (по крайней мере в той их части, которая протекает во взаимодействии со средой разработки). Отладка моделей сложных моделей есть путь проб и ошибок,

поэтому способ организации знаний должен предоставлять возможность свободного проектирования, заключающегося в применении и испытании различных способов управления выводом на едином пространстве понятий и решений предметной области.

6. Дальнейшим развитием принципа свободного проектирования служит возможность дополнения системы различными функциями.

Требования к средствам проектирования интерфейса взаимодействия человека с выделенным классом интеллектуальных систем:

1. Возможность генерации кадров диалога, включающих разнотипные интерфейсные элементы.
2. Реализация запросов на ввод текстовой информации.
3. Реализация меню-ориентированных запросов текстового и графического типов.
4. Наличие средств поддержки создания динамических сценариев отображения графической и вывода звуковой информации с возможностью взаимной синхронизации.
5. Наличие удобных средств компоновки и редактирования кадров диалога.
6. Наличие системы архивирования и навигации в среде хранилища интерфейсных объектов (кадров диалога).

7.3.3. Структура базы знаний

Процесс создания ЭС заключается в описании структуры понятий ПО, выборе модели для представления знаний и формализации знаний с помощью выбранных средств описания (т.е. наполнения БЗ). На выбор типа модели наиболее значимое воздействие оказывают по крайней мере 2 фактора:

- особенности предметной области, связанные с формой представления знаний;
- назначение и тип ЭС в зависимости от решаемой задачи (интерпретации данных, диагностики, мониторинга,

проектирования, планирования и пр.), которые можно объединить в две группы (ЭС анализа и синтеза).

Опыт создания ЭС в разных ПО показывает, что часто оказывается целесообразным построение ЭС разных типов в одной ПО. Иными словами, перед разработчиками ЭС встает задача создания разнотипных моделей знаний на едином пространстве понятий и фактов.

Настоящее исследование ставит своей целью исследование и анализ проблем, возникающих при взаимодействии разнотипных моделей знаний, разработку структуры БЗ, ориентированной на поддержку разных моделей, разработку модели общения с различными категориями пользователей ЭС и методов и средств конструирования пользовательского интерфейса.

Для достижения поставленной цели был проведен сравнительный анализ различных моделей знаний. В процессе анализа выделена общая для всех моделей часть — описание понятий и фактов предметной области, которые выделены в инвариантную компоненту БЗ, поддерживающую функционирование моделей разных типов.

База знаний, помимо средств поддержки инвариантной компоненты, содержит средства хранения специфицированных знаний, ориентированных на представление моделей конкретных типов. Это хранение отношений, правил, формул, других специфических объектов, понятий верхнего уровня, присущих данному типу представления знаний. Структура данных полностью определяется требованиями модели данных. БЗ поддерживает интерфейс между представлением моделей и инвариантными знаниями посредством единого метода сквозной идентификации элементов инвариантной компоненты.

В процессе реализации ЭС в режиме консультации выбор типа модели определяет, какой именно решатель из логической компоненты должен быть активизирован. Совокупность загруженной модели и конкретного решателя образуют процесс. Каждый процесс имеет доступ к данным только своей модели (это данные процесса), а также полный доступ к общей части БЗ.

7.3.4. Обоснование выбора фреймовой модели

Фреймовая модель представляет собой систематизированную в виде единой теории психологическую модель памяти человека и его сознания.

Для осознания того факта, что заданная информация имеет единственный смысл, человеческая память прежде всего должна быть способна увязывать эту информацию со специальными концептуальными объектами, в противном случае входную информацию не удастся систематизировать никаким образом. В основе теории фреймов лежит восприятие фактов посредством сопоставления полученной извне информации с конкретными элементами и значениями, а также с рамками, определенными для каждого концептуального объекта в нашей памяти. **Структура, представляющая эти рамки, называется фреймом. Сложные объекты представляются комбинацией фреймов, образуя фреймовые системы или сети. С другой стороны, в состав одного фрейма могут входить несколько элементов (слотов), каждый из которых в свою очередь отображается на отдельный элемент модели знаний. Таким образом организованный фрейм будет описывать множество объектов и/или их характеристик. Например, в медицинской диагностической системе это может быть фрейм, содержащий шаблон для ввода первичной информации общего характера о пациенте. В качестве слотов будут выступать поля, определяющие шаблоны для ввода фамилии, пола, возраста, даты обследования. В модели данных эти элементы представлены как отдельные самостоятельные сущности, но логика интерфейсной модели указывает на желательность их объединения при вводе в одну форму. Такое объединение в рамках одного фрейма образует дискурсное пространство подмножества понятий ПО.**

7.3.5. Математическая постановка задачи проектирования интерфейсной модели

На каждом шаге взаимодействия у пользователя запрашивается очередной блок информации о рассматриваемой ситуации, при этом ему предьявляется некоторое количество поясняющих или

определяющих характер ответа материалов, которые в свою очередь обладают широким спектром форм представления. С одной стороны это разные структурные формы — тексты, изображения, звуковые фрагменты, с другой стороны, они имеют качественную характеристику, определяющую их роль и значимость в контексте рассматриваемого кадра диалога. Так, схематическое изображение, на котором необходимо пометить какие-либо участки для ответа на вопрос, по результатам чего будет сформирован вектор выходных параметров кадра диалога, является необходимым и определяющим для правильного ответа, в то время как поясняющая картинка, предназначенная для вызова ассоциаций, способствующая более быстрому включению пользователя в контекст задаваемого вопроса и предотвращающего неверное понимание вопроса, и, как следствие, неверную интерпретацию ответа, очевидно обладает меньшей информативной ценностью и, следовательно, менее значима в контексте рассматриваемой модели взаимодействия.

Можно выделить по крайней мере два способа выделения подмножества объектов для организации кадра диалога:

1. Описание некоторого явления (события или ситуации в узком смысле этого слова), когда необходимо означить некоторую совокупность признаков объектов, объединенных временными или пространственными рамками.
2. Определение комплексного объекта, когда необходимо для означивания предъявить составляющие его объекты или показатели.

Кадр состоит из определяемых признаков (которые нужно ввести) и предъявляемых фактов. Эти факты могут быть как простыми фактами предметной области, которые оказались означены к данному моменту диалога, так и сообщениями предупредительного характера, привлекающими внимание пользователя к особым характеристикам ситуации, которые необходимо либо подтвердить, либо на них нужна быстрая реакция, так как наличие факторов, означивших именно эту ситуацию, может привести к серьезным последствиям. Это может быть поясняющая или наводящая информация. К особому классу относятся кадры, описывающие факт, являющийся подмножеством пространства решений. К сопроводительным и поясняющим относятся динамические кадры, где демонстрируется какой-либо процесс, протекающий во времени.

В процессе консультации, т.е. таком взаимодействии пользователя с интеллектуальной системой, когда диалог строится по сценарию, определенному на этапе конструирования системы, активным модулем выступает компонента логического вывода, она запрашивает кадры для означивания параметров. В режиме пояснения, когда пользователь сам проявляет инициативу для доступа к информации, определяющей состояние внутренних переменных системы логического вывода (для пользователя же это степень понимания интеллектуальной системы рассматриваемой проблемы на данном шаге диалога), интерфейсная компонента по запросам пользователя извлекает из модели шаблоны, содержащие фактическую информацию из описания ситуации, наполняя их сведениями из модуля логического вывода. При работе в режиме поддержки справочной компоненты, интерфейсный модуль выступает как в роли инициатора, так и в роли исполнителя запросов участвует диалога. Обращений к логической компоненте в данном режиме не производится, поскольку вся необходимая информация для поиска шаблона и его заполнения расположена в пределах модели интерфейса.

Обозначим множество объектов, используемых для получения информации о ситуации, через X , а объекты, означиваемые в процессе анализа ситуации, — через F .

Процесс взаимодействия пользователя с интеллектуальной системой носит дискретный характер. Каждый этап взаимодействия описывается структурой данных, которыми обмениваются система и пользователь. Определим эту структуру как кадр диалога K :

$K_i = \{ x, f, s \}$, где

x (X ,

f (F ,

s (S , где S — множество шаблонов, описывающих структуру кадров диалога.

Система поддержки диалога D может быть представлена парой:

$D = \{ h, v \}$, где

h (**H** — процедуры организации ввода значений параметров объектов,
v (**V** — процедуры поддержки вывода фактуальной информации.

Вывод фактуальной информации может быть реализован различными способами:

$M = \{ V_t, V_i, V_a \}$, где

V_t — вывод текстовых сообщений. Необходимо отметить, что эту возможность можно реализовать несколькими способами, в зависимости от важности выводимой информации. Различные по содержанию текстовые сообщения в простейшем случае могут являться параметром для типового шаблона, при этом качество восприятия будет ниже, чем у специально созданных для данного вида сообщения шаблонов с использованием выделения различными шрифтами и цветом;

V_i — выбор изображения, заданного в качестве параметра или описанного в шаблоне;

V_a — выбор звукового сообщения.

В свою очередь процедура означивания признака может быть организована несколькими различными способами:

$N = \{ H_m, H_i, H_i, H_t, H_n, H_d, H_b, H_s \}$, где

H_m — выбор значений из текстового меню, представляющего собой статический (т.е. определенный в шаблоне *s*) список текстовых альтернатив;

H_i — выбор атрибута из динамически формируемого списка значений;

H_i — ввод параметров путем указания на условном или схематическом изображении, хранимом в шаблоне *s*, состояния определенных фрагментов;

H_t — ввод произвольной текстовой строки;

H_n — ввод числового значения из заданного диапазона с клавиатуры;

H_d — означивание параметра путем опроса датчиков;

H_b — считывание значения параметра из базы данных;

H_s — получение значения посредством вызова внешней процедуры.

Предлагаемая структура интерфейсной компоненты интеллектуальных систем (рис. 1) позволяет определять на множестве введенных объектов широкий набор функционалов, качественно и количественно

характеризующих определенную реализацию модели общения. Тогда задача построения оптимальной с точки зрения продуктивности общения интерфейсной компоненты сводится к оптимизационной задаче нахождения экстремума функции, построенной на базе введенных функционалов.

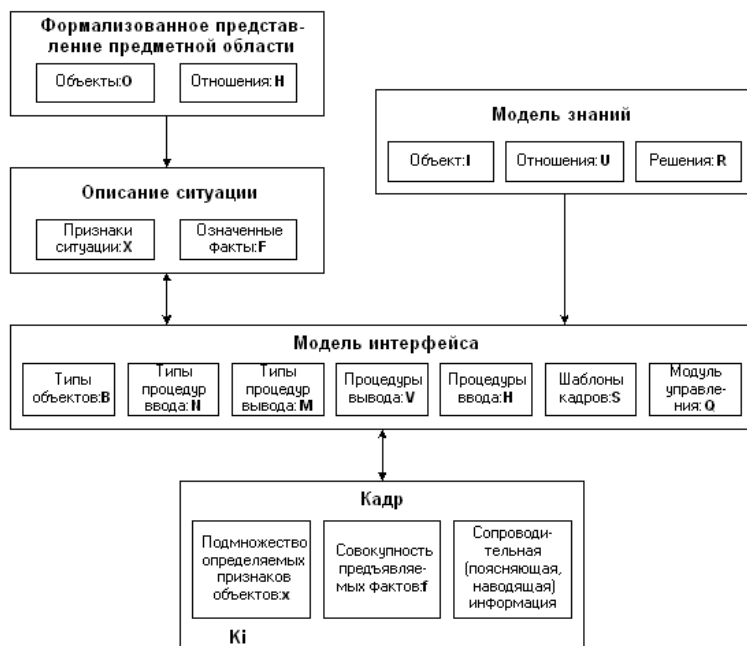


Рис. 1. Структурная схема математической модели интерфейса

Рассмотрим одну из возможных постановок задачи оптимизации на базе следующих функционалов. Введем показатели, оценивающие процесс означивания произвольного параметра x посредством процедуры h .

Быстрота восприятия кадра k есть функционал:

$$P = \text{FUNC}(s, n, b, m), \text{ где}$$

n (N ,
 m (M , поскольку скорость восприятия информации может быть значительно повышена за счет задействования ассоциативных связей у человека путем правильного подбора фоновых объектов и элементов оформления при выводе определенного кадра. Определяющее воздействие в некоторых случаях может оказать правильно подобранное звуковое сопровождение кадра (например, в случае внештатной ситуации).

Скорость ввода G есть функционал:

$$G = \text{FUNC}(n, b).$$

Аналогично определяются показатели:

достоверности восприятия $E = \text{FUNC}(s, n, b, m)$ и достоверности ввода $Q = \text{FUNC}(n, b)$, (не вызывает сомнений, например, что при выборе из меню число ошибок будет меньшим по сравнению со способом ввода значения с клавиатуры).

При такой постановке оптимальной можно считать систему, построенную на наборе интерфейсных объектов, интегрированных в кадровую среду, обеспечивающую максимум функции:

$$\max_{s, n, b, m} W, \text{ где}$$

$$W = \frac{P(s, n, b, m) \times G(n, b)}{P(s, n, b, m) \times G(n, b)}$$

7.4. Представление знаний в интегрированной оболочке Image Expert

7.4.1. Архитектура оболочки Image Expert

Image Expert — интегрированная оболочка для создания экспертных, информационных и обучающих систем в предметных областях, описание которых представляется в виде графической и лексической информации.

Image Expert включает в себя:

- систему поддержки создания и ведения моделей предметной области;
- язык описания моделей предметной области;
- модуль логического вывода, управляющий процессом диалога в режиме консультации с экспертной системой с возможностью записи результатов в DBF-файлы;
- систему поддержки создания и ведения информационно-справочных систем, включающих как текстовую, так и графическую информацию;
- язык описания информационных фреймов;
- широкий набор алгоритмов обработки полутоновых изображений (файлов форматов tif, pch и 8-битная матрица яркостей);
- графический редактор с типовым набором функций (точка, линия, окружность, закрашка, прямоугольник, текст, масштабирование...);
- язык анализа объекта и взаимодействия с пользователем;
- средство для организации автоматической или автоматизированной обработки типовых изображений в пакетном режиме;
- средства “дружественного интерфейса”.

Архитектуру системы Image Expert в общем виде можно представить следующим образом:



Рис. 2. Архитектура системы Image Expert

Компонента логического вывода, кроме интерпретации полученных в системе фактов на основе экспертных знаний, осуществляет также функцию общего управления процессом логического вывода. При этом определяются такие моменты ее функционирования, как:

- запуск конкретной процедуры анализа изображения;
- выбор и загрузка в ОП той или иной модели знаний;
- проверка достижения приемлемого решения.

Кроме того, в состав этой компоненты входят также средства пояснения хода рассуждения и принимаемых решений.

База знаний является основой для функционирования компоненты логического вывода и состоит из взаимосвязанных моделей знаний, адекватно отражающих конкретную предметную область.

Пространство фактов связывает систему по информации. Здесь содержатся все факты и параметры, полученные в результате:

- работы процедур анализа ситуаций;
- взаимодействия с пользователем;
- вычисления их путем обработки уже имеющихся на базе экспертных знаний.

7.4.2. Организация моделей знаний

Знания о предметной области в системе Image Expert могут быть представлены в форме:

- формализованного описания процесса принятия решения по поводу имеющих место ситуаций;
- упорядоченной совокупности базовых знаний о предметной области (произвольные тексты, схемы, условно-графические изображения, подборки фотографий, рентгенограмм и пр.);
- множества алгоритмов обработки изображений, используемых в предметной области.

Модель знаний или, иначе, модель предметной области представляет собой совокупность разного рода знаний специалистов о конкретной предметной области.

Модель знаний состоит из информационной и логической компонент.

Логическая компонента модели знаний имеет четыре уровня, заполняемые экспертом совместно с инженером по знаниям:

- уровень гипотез;
- уровень свидетельств;
- уровень фактов;
- уровень запросов.

Взаимодействие уровней модели достигается за счет наличия ссылок в структурах данных одного уровня на объекты другого.

Уровень гипотез содержит множество конечных состояний (решений задачи). Характер связи с нижними уровнями модели и механизм подтверждения/опровержения гипотез отличаются от типа применяемой модели. В моделях нейлоровского типа эта связь имеет вероятностный характер, указывающий на то, как объекты нижнего уровня могут изменять текущее состояние множества гипотез. В моделях с жесткой логикой эта связь устанавливается по типу ЕСЛИ–ТО и записывается в виде решающего правила.

Уровни свидетельств и фактов — это множество характерных признаков анализируемой ситуации.

Объекты уровня свидетельств формируются из свидетельств и фактов, а также объектов уровня запросов с помощью решающих правил, а объекты уровня фактов — как арифметико-логическое выражение.

Уровень запросов предназначен для связи с информационной компонентой модели знаний, т.е. для организации взаимодействия с пользователем. В системе возможны следующие типы запросов:

- запрос на получение какой-либо информации от пользователя;
- вызов другой модели знаний;
- вызов процедур обработки изображений;
- запуск внешней задачи.

Информационная компонента модели знаний организована в виде сети фреймов.

Помимо средств для описания знаний, модель содержит некоторые сервисные средства для организации диалога, консультации и фиксации результатов работы, а также средства связи с другими модулями оболочки, что позволяет в процессе работы модели вызывать другие модели, программы на языке обработки изображений, а также любые внешние программы.

7.4.3. Типы моделей знаний

В системе Image Expert определены 3 типа моделей: МЕНЮ, НЕЙЛОР, ЛОГИКА.

Модель типа МЕНЮ используется для организации в единую систему различных, как правило, не связанных по информации, но объединенных общей тематикой информационных единиц (моделей, процедур на языке обработки изображений и внешних модулей).

Модель типа НЕЙЛОР позволяет организовать процедуру логического вывода, представляющую собой итерационный процесс принятия

решения, каждый шаг которого частично изменяет (подтверждает/опровергает) вероятности гипотез.

Модель типа ЛОГИКА может быть использована для решения задач, характеризующихся полнотой описания предметной области, т.е. в тех случаях, когда есть возможность применить решающие правила. Для создания тестирующих систем в этот тип моделей заложена возможность организации диалога с тестируемым случайным образом.

7.4.4. Фреймовая компонента моделей знаний

Фрейм — информационная единица, отображающая шаг диалога в режиме выполнения модели. **Фрейм состоит из графической, текстовой и речевой информации, выдаваемой пользователю, и описания полей запроса к пользователю.** Запросы могут представлять собой требования ввода числа, текста, запрос речевого ввода, а также различные типы меню. Меню может быть представлено в виде текстового вопроса и нескольких вариантов ответа или в графической форме — в виде схемы, на которой необходимо пометить требуемые участки или выбрать какое-либо из отображенных состояний. В одном фрейме может находиться несколько слотов (например, речевое сообщение и несколько вопросов, каждый из которых имеет несколько альтернативных вариантов ответа).

Язык описания фреймов позволяет организовывать модели типа гипертекст со вставками графической и речевой информации.

Кроме того, средствами языка возможна организация динамических графических моделей (видеоряда), сопровождающегося звуковыми (речевыми) комментариями. Для этого необходимо описать последовательность кадров в виде имен картинок из библиотеки, причем имеется возможность задавать время отображения каждого кадра, а также сопровождать демонстрацию динамического процесса звуком.

7.4.5. Создание моделей знаний

Создание модели знаний включает в себя следующие этапы:

1. Информационная часть модели описывается на языке описания фреймов.
2. Логика модели описывается с помощью языка описания знаний.
3. Исходные тексты на этих языках транслируются соответственно компилятором знаний и компилятором фреймов.
4. Формируется библиотека графических данных, необходимых для работы модели, а также иллюстративный материал.
5. При наличии средств аудиоподдержки формируется библиотека звуковых фрагментов и речевых сообщений, используемых в процессе работы с моделью.

Поддерживаемая в настоящее время технология ввода знаний в ЭС, созданных и функционирующих в оболочке Image Expert, обеспечивает однонаправленный языковой интерфейс с моделью знаний.

Практически под моделью подразумевается ее описание на ЯПЗ. В таком виде модель представляет собой статическую конструкцию, т.е. появление новых знаний влечет за собой необходимость внесения изменений в исходные тексты информационной и логической компоненты модели знаний, затем трансляцию этих описаний, после чего следует этап тестирования нового представления в режиме консультации с ЭС.

7.4.6. Компонента ввода знаний

Компонента ввода знаний призвана решить проблему “отдаленности” формы описания знаний от самих знаний и, что более существенно, от процесса их использования. На нее возлагается задача преобразования модели знаний в базу знаний, структура которой не зависит от типа конкретной модели, а тип модели будет определять характер связей и отношений объектов этой базы. В качестве объектов (единиц хранения) базы на равных правах выступают понятия и объекты предметной области, их графические представления, речевые и текстовые описания

и т.п. С помощью специальных средств, зависящих от модели организации знаний в конкретной ЭС, описывается механизм связи понятий и объектов. Интеллектуальный редактор базы знаний решает задачу визуализации знаний с учетом иерархических и сетевых отношений на множестве составляющих базу объектов. К нему предъявляются требования максимально возможной степени адекватности отображения знаний той модели, которая сформирована в сознании эксперта. Для этого предназначены средства настройки подсистемы визуализации на конкретного пользователя.

7.5. Проблема извлечения знаний

7.5.1. Приобретение и формализация знаний

Приобретением знаний называется выявление знаний из источников и преобразование их в нужную форму, а также перенос в базу знаний ЭС. Источниками знаний могут быть книги, архивные документы, содержимое других баз знаний и т.п., т.е. некоторые объективизированные знания, переведенные в форму, которая делает их доступными для потребителя. Другим типом знаний являются экспертные знания, которые имеются у специалистов, но они не зафиксированы во внешних по отношению к нему хранилищах.

Экспертные знания являются субъективными. Еще одним видом субъективных знаний являются эмпирические знания. Такие знания могут добываться ЭС путем наблюдения за окружающей средой.

Для разработки методологии приобретения знаний необходимо различать две формы репрезентации знаний. Одна форма отражает то, как и в каких моделях хранятся эти знания у человека — эксперта. При этом эксперт не осознает полностью, как организована его модель знаний. Другая форма связана с тем, как инженер по знаниям собирает эти знания представлять и описывать в рамках проектируемой ЭС. От степени адекватности и согласованности этих двух моделей и зависит эффективность процесса приобретения знаний.

В когнитивной психологии различают несколько присущих человеку форм представления знаний — представления класса понятий через

элементы, представления понятия класса с помощью базового прототипа, с помощью признаков и т.п.

Кроме понятий представляются и отношения между ними. Как правило, отношения между понятиями определяются процедурным способом, а отношения между составляющими понятий (определяющими структуру понятий) — декларативным. Наличие двух моделей заставляет в моделях представления знаний иметь одновременно обе компоненты, например семантическую сеть и продукционную систему.

Процесс приобретения знаний — наиболее сложный этап разработки ЭС, поскольку на этом этапе необходимо решать не только технические и специальные проблемы, а также рассматривать психологические, лингвистические и гносеологические аспекты проблемы.

В общем случае процесс приобретения знаний можно разделить на этапы:

1. Определяется необходимость модификации (расширения) знаний.
2. Осуществляется извлечение новых знаний.
3. Новое знание преобразуется в форму представления ЭС.
4. Знания модифицируются.

На ранних этапах развития представлений о механизмах хранения и применения знаний сами знания не отделялись от механизма вывода. При таком подходе программист, занимающийся созданием ЭС, вынужден был детально изучать предметную область, подбирать или проектировать подходящую модель данных, реализовывать ее и самому наполнять знаниями. Ясно, что подняться до уровня эксперта созданная таким образом система не могла.

По мере развития представлений о знаниях появилась идея об отделении базы знаний от механизмов вывода знаний. Для создателей баз знаний этот подход существенно упростил модификацию знаний и поиск и устранение противоречий. При таком подходе задачи 1 и 2 решались уже совместно экспертом и инженером по знаниям, задача 3 — инженером по знаниям, и 4 — самой ЭС. Определим такую систему как систему извлечения знаний.

С появлением интеллектуальных редакторов баз знаний и введения в экспертные системы средств формирования и использования метазнаний (или, иначе говоря, метамodelей данных) эксперту был дан мощный диалоговый инструмент управления базой знаний, в результате чего нагрузки на создателей ЭС перераспределились следующим образом: задачи 1 и 2 решаются экспертом (самостоятельно или с помощью инженера по знаниям), задачи 3 и 4 решаются экспертной системой.

Заманчивой представляется перспектива при наполнении ЭС знаниями о предметной области смоделировать процесс обучения мыслящего существа. Это можно сделать по следующей схеме.

Фактические данные из предметной области (включающие выводы экспертов об имевших место ситуациях) поступают на вход ЭС и там соответствующим образом интерпретируются. Эту задачу может выполнять, например, индуктивная программа. Она и будет осуществлять получение глубинных знаний из примеров ситуаций и анализа сценариев и загружать их в базу знаний экспертной системы. Развивая эту идею, можно предложить в качестве входной информации для обработки тексты на естественном языке (словари, инструкции, учебные пособия, научные труды и т.п.). Для успешного решения этой проблемы необходимо спроектировать интегрированную базу знаний, включающую как знания о предметной области потенциальной ЭС, так и метазнания, и, что особенно важно, знания о языке, которые будут использоваться на этапе анализа входных текстов для извлечения прикладных знаний. Такую систему можно назвать системой формирования (приобретения) знаний.

7.5.2. Методы извлечения знаний

Рассмотрим три режима взаимодействия инженера по знаниям с экспертом-специалистом: протокольный анализ, интервью и игровая имитация профессиональной деятельности. Протокольный анализ заключается в фиксации “мыслей вслух” эксперта во время решения проблемы и в последующем анализе полученной информации. В режиме интервью инженер по знаниям ведет с экспертом активный диалог, направляя его в нужную сторону. При игровой имитации эксперт помещается в ситуации, похожие на те, в которых протекает его профессиональная деятельность. Наблюдая за его действиями,

инженер по знаниям формирует свои соображения об экспертных знаниях, которые впоследствии могут быть уточнены экспертом в режиме интервью.

Все эти способы имеют свои положительные и отрицательные стороны. При анализе протоколов инженеру по знаниям бывает сложно отделить важные, ключевые понятия от тех, которые упоминаются и высказываются экспертом случайно, по ассоциации. Рассуждения могут опускать важные этапы цепочки выводов, так как эксперт может считать это для себя само собой разумеющимся. Таким образом, этап интервью является необходимым при любой схеме.

Наиболее распространены три стратегии интервьюирования: разбиение на ступени, репертуарная решетка и подтверждение сходства.

При разбиении на ступени эксперту предлагается назвать наиболее важные, по его мнению, понятия предметной области и указать между ними отношения структуризации. Эти понятия фиксируются как базовые. Стратегия направлена на создание иерархии понятий предметной области, выделение в понятиях тесно связанных между собой групп — кластеров.

Стратегия репертуарной решетки направлена на выявление характеристических свойств понятий, позволяющих отделять одни понятия от других. Методика состоит в предъявлении эксперту троек понятий с предложением назвать признаки для каждого двух понятий, которые отделяли бы их от третьего. Так как каждое понятие входит в несколько троек, то на основании такой процедуры происходит уточнение объемов понятий и формируются комплексы понятий, с помощью которых эти понятия могут идентифицироваться в базе знаний.

Стратегия подтверждения сходства состоит в том, что эксперту предлагается установить принадлежность каждой пары понятий к некоторому отношению сходства (толерантности). Для этого эксперту задается последовательность достаточно простых вопросов, цель которых заключается в уточнении того понимания сходства, которое вкладывает эксперт в утверждение о сходстве двух понятий предметной области.

Процесс взаимодействия инженера по знаниям (аналитика) с экспертом-специалистом включает три основных этапа:

1. Подготовительный этап. Здесь необходимо достичь должного уровня заинтересованности эксперта и аналитика в результатах своих совместных усилий. Аналитику необходимо глубоко познакомиться со специальной литературой по предметной области. Необходимо также достичь согласованности психических и личностных качеств эксперта и аналитика.
2. Установление лингвистического альянса. Вырабатывается словарная основа базы знаний, определяется уровень детализации и взаимосвязи понятий.
3. Гносеологический этап. Выявляются закономерности, присущие предметной области, условия достоверности и истинности утверждений, структурирование за счет введения отношений. Это основной этап взаимодействия.

Процесс извлечения знаний начинается с получения от эксперта поверхностных знаний (таких, например, как представление признаков) и постепенно направляется аналитиком на формирование глубинных структур и более абстрактных понятий (таких, как прототипы).

7.5.3. Машинно-ориентированное получение знаний

Этот вид приобретения знаний экспертной системой называют также обучением экспертной системы. При этом активно используются модели обучения, известные в физиологии и психологии. Первые модели опирались на чисто физиологические методы обучения, позже появились более гибкие ассоциативные, согласно которым всякое обучение есть установление ассоциативных связей в нейроноподобных сетях.

На смену ассоциативной модели пришла лабиринтная модель, опирающаяся на идеи когнитивной психологии. Модель предполагает, что процесс обучения состоит в эвристическом поиске в лабиринте возможных альтернатив и оценивании движения по лабиринту на

основе локальных критериев. Наиболее исследованными на сегодняшний день являются модели, относящиеся к обучению по примерам.

Обучение как математическая задача может быть отнесено к классу оптимизационных проблем поиска описаний.

Индивидуальная оптимизационная задача L есть пятерка:

$\langle X, Y, p, F, J \rangle$, где

X и Y — множество входных и выходных записей;

p — функция $X - Y$;

F — множество отношений ($f = X * Y$ для всех f из F);

J — оператор качества для F , показывающий для каждого f из F степень его близости к p .

Задача состоит в отыскании оптимального по J описания f из F .

Спецификация задачи часто оказывается неполной. Например, оператор качества J может быть плохо формализуемым, информация об отношении p может задаваться только примерами **пар** (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , ..., (x_n, y_n) , для которых выполняется функция p . Для задач, относящихся к обучению, характерна неполнота рассматриваемой спецификации.

Для решения задачи обучения можно применить следующие методы:

- теория статистических гипотез;
- теория параметрической адаптации;
- теория индуктивного вывода.

Человек или машина могут получать знания многими способами.

Можно вывести нужную информацию как логическое следствие имеющихся знаний, получить ее модификацией существующих знаний, рассчитывая на аналогичность ситуации, попытаться вывести общий закон из имеющихся примеров. Некоторые задачи, относящиеся к получению знаний по примерам:

1. Простейшее прогнозирование (линейные зависимости выходных значений от входного воздействия).
2. Идентификация (синтез) функций. В этом методе исследуется “черный ящик” и синтезируется общая функция.
3. Расшифровка языков. Поиск правил синтеза текстов некоторого языка на основе анализа конкретных текстов на этом языке (расшифровки кодов, систем письменности и т.д.). Задачей такого же типа является обучение распознаванию образов.
4. Индуктивный вывод. В широком смысле это направление охватывает все вышеописанные, а в узком понимании это проблема расшифровки языков.
5. Синтез с дополнительной информацией. В качестве дополнительной информации может рассматриваться структура примеров, их родовидовая принадлежность, контрпримеры и т.п.

Корректными способами генерации гипотез считаются такие, которые в пределе (при исчерпании всех примеров) приводят к решению задачи.

Предположение о предельной стабилизации гипотез является основой гипотетико-дедуктивного подхода, согласно которому решение задачи формирования знаний включает 4 этапа:

- наблюдение: сбор и накопление исходных данных (примеров);
- обобщение: выдвижение “разумной” гипотезы **H** об искомом описании;
- дедукцию: выдвижение различных следствий из **H** или прогнозов на основе ее;
- подтверждение: проверка прогнозов на совместимость с результатами новых наблюдений — оценка гипотезы **H**; если **H** подтверждается, то она остается в качестве текущей гипотезы и весь процесс повторяется сначала, в противном случае гипотеза **H** заменяется новой.

Считается, что процесс находит искомое описание, если оно было выдвинуто в качестве гипотезы при каком-либо прохождении второго этапа и при следующих прохождениях этого этапа не менялось.

В процессе выдвижения гипотез выясняются “разумные” способы выдвижения и критерии подтверждения гипотез.

7.5.4. Решение проблемы извлечения знаний в действующих экспертных системах

Методы интервьюирования эксперта предметной области знаний с использованием нескольких различных стратегий применены при создании системы TEIRESIAS. В диагностической системе MORE предложена методика интервьюирования, направленная на выяснение следующих сущностей — гипотез, симптомов, условий, связей и путей. Гипотеза — событие, идентификация которого имеет своим смыслом диагноз. Симптом — событие, являющееся следствием существования гипотезы, наблюдение которого приближает последующее принятие гипотезы. Условие имеет диагностическое влияние на некоторые другие события. Связи — соединения сущностей. Путь — выделенный тип связи, который соединяет гипотезы с симптомами. В соответствии с этим используются следующие стратегии интервью — дифференциация гипотез, различение симптомов, симптомная обусловленность, деление пути и т.д.

В системе KRITON для приобретения знаний используются два источника — эксперт с его знаниями, полученными на практике (эти знания, как правило, неполны, отрывочны и плохо структурированы), и книжные знания, документы, описания, инструкции. Для извлечения знаний из первого источника в KRITON применена техника интервью, использующая методы репертуарной решетки и разбиения на ступени. Для выявления процедурных знаний эксперта в KRITON применен метод протокольного анализа.

Анализ текста используется в KRITON для выявления хорошо структурированных знаний из книг, документов, описаний, инструкций.

В системах SIMER и ДИАПС основным методом приобретения знаний является автоматизированное интервьюирование эксперта, которое управляет знаниями, приобретенными системой. В этих системах не выявляется предварительная модель области.

Предполагается, что на множестве объектов могут быть заданы ряд отношений из известного (конечного) множества: элемент-множество, часть-целое, пример-прототип, отношения структурного сходства, структурной иерархии и др. На выяснение свойств отношений и направлено интервью.

8. Базы знаний

Оглавление

- 1. 1 Понятия**
 - 1. 1.1 Данные и знания**
 - 2. 1.2 Базы данных**
- 2. 2 Базы знаний**
 - 1. 2.1 Классификация баз знаний**
 - 2. 2.2 Интеллект человека и искусственный интеллект**
 - 3. 2.3 Применение баз знаний**
- 3. 3 Экспертные системы**
 - 1. 3.1 Структура экспертных систем**
 - 2. 3.2 Классификация экспертных систем и области применения**
 - 3. 3.3 Наиболее известные ЭС и их применение**
- 4. 4 Интеллектуальные системы**
 - 1. 4.1 Машинное обучение**
 - 2. 4.2 Автоматическое доказательство**
 - 3. 4.3 Другие способы применения искусственного интеллекта**
- 5. 5 Взгляд в будущее**
- 6. 6 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

8.1. Понятия

Данные и знания

При изучении интеллектуальных систем традиционно возникает вопрос - что же такое знания и чем они отличаются от обычных данных, десятилетиями обрабатываемых ЭВМ. Можно предложить несколько рабочих определений, в рамках которых это становится очевидным.

Данные - это отдельные факты, характеризующие объекты, процессы и явления предметной области, а также их свойства.

При обработке на ЭВМ данные трансформируются, условно проходя следующие этапы:

1. данные как результат измерений и наблюдений;
2. данные на материальных носителях информации (таблицы, протоколы, справочники);
3. модели (структуры) данных в виде диаграмм, графиков, функций;
4. данные в компьютере на языке описания данных;
5. базы данных на машинных носителях информации.

Знания основаны на данных, полученных эмпирическим путем. Они представляют собой результат мыслительной деятельности человека, направленной на обобщение его опыта, полученного в результате практической деятельности.

Знания - это закономерности предметной области (принципы, связи, законы), полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющие специалистам ставить и решать задачи в этой области.

При обработке на ЭВМ знания трансформируются аналогично данным.

1. знания в памяти человека как результат мышления;
2. материальные носители знаний (учебники, методические пособия);
3. *поле знаний* - условное описание основных объектов предметной области, их атрибутов и закономерностей, их связывающих;
4. знания, описанные на языках представления знаний (продукционные языки, семантические сети, фреймы - см. далее);
5. *база знаний на машинных носителях информации.*

Часто используется такое определение знаний.

Знания - это хорошо структурированные данные, или данные о данных, или метаданные.

Базы данных

База данных — организованная в соответствии с определёнными правилами и поддерживаемая в памяти компьютера совокупность данных, характеризующая актуальное состояние некоторой предметной области и используемая для удовлетворения информационных потребностей пользователей.

Отличия баз знаний от баз данных:

Базы данных:

- могут работать с однородными данными
- представляет собой жестко структурированную модель
- данные представлены в виде набора записей

Базы знаний:

- могут содержать разнородные и разнотипные данные
- представляют собой открытую модель
- знания представлены в виде семантической сети

8.2. Базы знаний

База знаний, БЗ (англ. Knowledge base, KB) — это особого рода база данных, разработанная для управления знаниями (метаданными), то есть сбором, хранением, поиском и выдачей знаний. Раздел искусственного интеллекта, изучающий базы знаний и методы работы со знаниями, называется инженерией знаний.

Под базами знаний понимает совокупность фактов и правил вывода, допускающих логический вывод и осмысленную обработку информации. В языке Пролог базы знаний описываются в форме конкретных фактов и правил логического вывода над базами данных и процедурами обработки информации, представляющих сведения и знания о людях, предметах, фактах событиях и процессах в логической форме.

Классификация баз знаний

В зависимости от уровня сложности систем, в которых применяются базы знаний, различают:

- БЗ всемирного масштаба — например, Интернет или Википедия
- БЗ национальные — например, Википедия
- БЗ отраслевые — например, Автомобильная энциклопедия
- БЗ организаций — см. Управление знаниями
- БЗ экспертных систем — см. Экспертная система
- БЗ специалистов

Интеллект человека и искусственный интеллект

В основе систем баз знаний лежат принципы работы человеческого интеллекта. Интеллектом называется способность подходить к решению какой-либо задачи с учетом имеющегося опыта. Согласно Хармону и Кингу (Harmon & King, 1985), а также Фишлеру и Фиршейну (Fischler & Firschein, 1987), для человеческого интеллекта характерны следующие свойства:

- способность обучаться;
 - способность находить аналоги;
 - способность создавать новые понятия на основе известных понятий
- эффективность обработки неоднозначных и противоречивых сообщений;
- способность определять относительную важность различных составных частей задачи;
 - гибкость подхода к решению задачи;

- способность разбиения сложной задачи на составные части;
- способность моделирования воспринимаемого мира;
- понимание и способность использования символических средств.

Машинные знания — это то же, что искусственный интеллект (ИИ). Родоначальником в этой области является Алан Тьюринг, британский математик. Однако несмотря на то, что Тьюринг разработал первоначальную концепцию ИИ еще в 1937 г., официально ИИ появился только в 1956 г. Это произошло в Дартмутском колледже, во время встречи группы ученых, на которой обсуждался потенциал компьютеров в области стимуляции когнитивного процесса человека. Термин "искусственный интеллект" был предложен одним из организаторов конференции, Джоном Маккарти.

ИИ — это одна из ветвей информатики. Он связан с компьютерами, которые стимулируют процесс решения задачи путем дублирования функций человеческого мозга. ИИ включает в себя совокупность программного и аппаратного обеспечения и методов имитации свойственной человеку деятельности как умственной (мышление, принятие решений, рассуждения, решение задач, обучение и поиск данных), так и физической (сенсорные и моторные навыки). Комплексное решение задач моделируется с помощью представления когнитивного процесса человека, а когнитивное моделирование решает задачи, оценивая знания как человек.

Когнитивное моделирование и ИИ — родственные, но разные дисциплины. Когнитивное моделирование — это методика моделирования человеческого процесса познания, на котором строятся осмысленные рассуждения, а ИИ — методика моделирования разумного поведения, в котором рассуждение вовсе не обязательно. Правда, различия между двумя этими методиками постепенно стираются.

Применение баз знаний

Простые базы знаний могут использоваться для создания экспертных систем и хранения данных об организации: документации, руководств, статей технического обеспечения. Главная цель создания таких баз — помочь менее опытным людям найти существующее описание способа решения какой-либо проблемы предметной области.

Онтология может служить для представления в базе знаний иерархии понятий и их отношений. Онтология, содержащая еще и экземпляры объектов не что иное, как база знаний.

Системы основанные на знаниях реализуются на базе следующих интеллектуальных алгоритмов:

- экспертные системы;
- нейронные сети;
- нечёткая логика;
- генетические алгоритмы.

8.3. Экспертные системы

База знаний — важный компонент интеллектуальной системы. Наиболее известный класс таких программ — экспертные системы.

Экспертная система— компьютерная программа, способная частично заменить специалиста-эксперта в разрешении проблемной ситуации. Современные ЭС начали разрабатываться исследователями искусственного интеллекта в 1970-х годах, а в 1980-х получили коммерческое подкрепление.

В информатике экспертные системы рассматриваются совместно с базами знаний как модели поведения экспертов в определенной области знаний с использованием процедур логического вывода и принятия решений, а базы знаний — как совокупность фактов и правил логического вывода в выбранной предметной области

деятельности.

Характерными чертами экспертной системы являются:

- четкая ограниченность предметной области;
- способность принимать решения в условиях неопределённости;
- способность объяснять ход и результат решения понятным для пользователе способом;
- четкое разделение декларативных и процедурных знаний (фактов и механизмов вывода);
- способность пополнять базу знаний, возможность наращивания системы;
- результат выдается в виде конкретных рекомендаций для действий в сложившейся ситуации, не уступающих решениям лучших специалистов;
- ориентация на решение неформализованных (способ формализации пока неизвестен) задач;
- алгоритм решения не описывается заранее, а строится самой экспертной системой;
- отсутствие гарантии нахождения оптимального решения с возможностью учиться на ошибках.

Структура экспертных систем

Структура ЭС:

- Интерфейс пользователя
- Пользователь
- Интеллектуальный редактор базы знаний
- Эксперт
- Инженер по знаниям

- Рабочая (оперативная) память
- База знаний
- Решатель (механизм вывода)
- Подсистема объяснений

База знаний состоит из правил анализа информации от пользователя по конкретной проблеме. ЭС анализирует ситуацию и, в зависимости от направленности ЭС, дает рекомендации по разрешению проблемы.

Как правило, база знаний экспертной системы содержит факты (статические сведения о предметной области) и правила — набор инструкций, применяя которые к известным фактам можно получать новые факты.

Главная цель создания любой Базы знаний — сократить время и трудозатраты на решение типовых инцидентов.

Пользователь – специалист предметной области, для которого предназначена система.

Инженер по знаниям – специалист в области искусственного интеллекта, выступающий в роли промежуточного буфера между экспертом и базой знаний.

Интерфейс пользователя – комплекс программ, реализующих диалог пользователя с ЭС

БЗ – ядро ЭС, совокупность знаний предметной области

Решатель – программа, моделирующая ход рассуждений эксперта на основании знаний, имеющихся в БД

Подсистема объяснений – программа, позволяющая пользователю получить ответы на вопросы : “Как была получена та или иная рекомендация?” и “Почему система приняла такое решение?”

Классификация экспертных систем и области применения

Общепринятая классификация экспертных систем отсутствует, однако наиболее часто экспертные системы различают по назначению, предметной области, методам представления знаний, динамичности и сложности:

По **назначению** классификацию экспертных систем можно провести следующим образом:

- диагностика состояния систем, в том числе мониторинг (непрерывное отслеживание текущего состояния)
- прогнозирование развития систем на основе моделирования прошлого и настоящего
- планирование и разработка мероприятий в организационном и технологическом управлении;
- проектирование или выработка четких предписаний по построению объектов, удовлетворяющих поставленным требованиям;
- производственные экспертные системы предназначены для повышения эффективности различных стадий производственного процесса (планирования, проектирования, производства, контроля)
- автоматическое управление (регулирование)

По **предметной области** наибольшее количество экспертных систем используется в военном деле, геологии, инженерном деле, информатике, космической технике, математике, медицине, метеорологии, промышленности, сельском хозяйстве, управлении процессами, физике, филологии, химии, электронике, юриспруденции.

Классификация экспертных систем по **методам представления знаний** делит их на традиционные и гибридные. Традиционные экспертные системы используют, в основном, эмпирические модели представления знаний и исчисление предикатов первого порядка. Гибридные экспертные системы используют все доступные методы, в том числе оптимизационные алгоритмы и концепции баз данных.

По степени сложности экспертные системы делят на поверхностные и глубинные. Поверхностные экспертные системы представляют знания в виде правил «ЕСЛИ-ТО». Условием выводимости решения является безобрывность цепочки правил. Глубинные экспертные системы обладают способностью при обрыве цепочки правил определять (на основе метазнаний) какие действия следует предпринять для продолжения решения задачи. Кроме того, к сложным относятся предметные области в которых текст записи одного правила на естественном языке занимает более 1/3 страницы.

Классификация экспертных систем по динамичности делит экспертные системы на статические и динамические. Предметная область называется статической, если описывающие ее исходные данные не изменяются во времени. Статичность области означает неизменность описывающих ее исходных данных. При этом производные данные (выводимые из исходных) могут и появляться заново, и изменяться (не изменяя, однако, исходных данных).

Если исходные данные, описывающие предметную область, изменяются за время решения задачи, то предметную область называют динамической. В архитектуру динамической экспертной системы, по сравнению со статической, вводятся два компонента:

- подсистема моделирования внешнего мира;
- подсистема связи с внешним окружением.

Последняя осуществляет связи с внешним миром через систему датчиков и контроллеров. Кроме того, традиционные компоненты статической экспертной системы (база знаний и механизм логического вывода) претерпевают существенные изменения, чтобы отразить временную логику происходящих в реальном мире событий.

Наиболее известные ЭС и их применение

В настоящее время экспертные системы используются для решения различных типов задач в самых разнообразных проблемных областях, таких, как финансы, нефтяная и газовая промышленность, энергетика, транспорт, фармацевтическое производство, космос,

химия, образование, телекоммуникации и связь и др.

Примеры ЭС:

- CLIPS — весьма популярная ЭС (public domain)
- WolframAlpha — поисковая система, интеллектуальный «вычислительный движок знаний»
- MYCIN — наиболее известная диагностическая система, которая предназначена для диагностики и наблюдения за состоянием больного при менингите и бактериальных инфекциях.
- I&W. Экспертная система помогает аналитикам из разведки предсказывать, когда и где произойдет следующее вооруженное столкновение. Система анализирует поступающие сообщения разведки, например донесения о местонахождении воинских соединений, их деятельности и передвижениях, применяя знания об обычных признаках активности войск. Знания представлены в рамках архитектуры доски объявлений, в которой для обеспечения компетентности применены как правила с прямой цепочкой рассуждений, так и фреймы. Система реализована на языке INTERLISP-D для АРМ Херох 1100. Она разработана компанией ESL в сотрудничестве со Стенфордским университетом и доведена до уровня демонстрационного прототипа.
- ACES. Экспертная система выполняет картографические работы по нанесению обстановки на карты. Система получает в качестве исходных данных карту без обстановки и информацию, описывающую расположение объектов на местности. Система выдает карту, содержащую все желаемые условные обозначения и подписи, размещенные без взаимного наложения.

8.4. Интеллектуальные системы

Ниже перечислены интересные особенности, которые могут (но не обязаны) быть у интеллектуальной системы, и которые касаются баз знаний.

1) Машинное обучение: Это модификация своей БЗ в процессе работы интеллектуальной системы, адаптация к проблемной области. Аналогична человеческой способности «набирать опыт».

2) Автоматическое доказательство (вывод): Способность системы выводить новые знания из старых, находить закономерности в БЗ. Некоторые авторы считают, что БЗ отличается от базы данных наличием механизма вывода.

3) Интроспекция: Нахождение противоречий, нестыковок в БЗ, слежение за правильной организацией БЗ.

4) Доказательство заключения: Способность системы «объяснить» ход её рассуждений по нахождению решения, причем «по первому требованию».

Машинное обучение

Машинное обучение (англ. Machine Learning) — обширный подраздел искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных обучаться. Различают два типа обучения. Обучение по прецедентам, или индуктивное обучение, основано на выявлении закономерностей в эмпирических данных. Дедуктивное обучение предполагает формализацию знаний экспертов и их перенос в компьютер в виде базы знаний. Дедуктивное обучение принято относить к области экспертных систем, поэтому термины машинное обучение и обучение по прецедентам можно считать синонимами.

Машинное обучение находится на стыке математической статистики, методов оптимизации и дискретной математики, но имеет также и собственную специфику, связанную с проблемами вычислительной эффективности и переобучения. Многие методы

индуктивного обучения разрабатывались как альтернатива классическим статистическим подходам. Многие методы тесно связаны с извлечением информации, интеллектуальным анализом данных.

Общая постановка задачи обучения по прецедентам

Имеется множество объектов (ситуаций) и множество возможных ответов (откликов, реакций). Существует некоторая зависимость между ответами и объектами, но она не известна. Известна только конечная совокупность прецедентов — пар «объект, ответ», называемая обучающей выборкой. На основе этих данных требуется восстановить зависимость, то есть построить алгоритм, способный для любого объекта выдать достаточно точный ответ. Для измерения точности ответов определённым образом вводится функционал качества.

Данная постановка является обобщением классических задач аппроксимации функций. В классических задачах аппроксимации объектами являются действительные числа или векторы. В реальных прикладных задачах входные данные об объектах могут быть неполными, неточными, нечисловыми, разнородными. Эти особенности приводят к большому разнообразию методов машинного обучения.

Способы машинного обучения

Так как раздел машинного обучения, с одной стороны, образовался в результате деления науки о нейросетях на методы обучения сетей и виды топологий архитектуры сетей, а с другой, вобрал в себя методы математической статистики, то указанные ниже способы машинного обучения исходят из нейросетей. То есть базовые виды нейросетей, такие как перцептрон и многослойный перцептрон (а так же их модификации) могут обучаться как с учителем, без учителя, с подкреплением, и активно. Но некоторые нейросети и большинство статистических методов можно отнести только к одному из способов обучения. Поэтому если нужно классифицировать методы машинного

обучения в зависимости от способа обучения, то, касательно нейросетей, не корректно их относить к определенному виду, а правильное классифицировать алгоритмы обучения нейронных сетей.

1) Обучение с учителем - для каждого прецедента задается пара «ситуация, требуемое решение»:

- Метод коррекции ошибки
- Метод обратного распространения ошибки

2) Обучение без учителя - для каждого прецедента задается только «ситуация», требуется сгруппировать объекты в кластеры, используя данные о попарном сходстве объектов, и/или понизить размерность данных:

- Альфа-система подкрепления
- Гамма-система подкрепления
- Метод ближайших соседей

3) Обучение с подкреплением - для каждого прецедента имеется пара «ситуация, принятое решение»:

4) Активное обучение - отличается тем, что обучаемый алгоритм имеет возможность самостоятельно назначать следующую исследуемую ситуацию, на которой станет известен верный ответ:

5) Обучение с частичным привлечением учителя (semi-supervised learning) - для части прецедентов задается пара «ситуация, требуемое решение», а для части - только «ситуация»

6) Трансдуктивное обучение (transduction) - обучение с частичным привлечением учителя, когда прогноз предполагается делать только для прецедентов из тестовой выборки

7) Многозадачное обучение (multi-task learning) - одновременное обучение группе взаимосвязанных задач, для каждой из

которых задаются свои пары «ситуация, требуемое решение»

8) Многовариантное обучение (multi-instant learning) - обучение, когда прецеденты могут быть объединены в группы, в каждой из которых для всех прецедентов имеется «ситуация», но только для одного из них (причем, неизвестно какого) имеется пара «ситуация, требуемое решение»

Классические задачи решаемые с помощью машинного обучения

- Классификация как правило, выполняется с помощью обучения с учителем на этапе собственно обучения.

- Кластеризация как правило, выполняется с помощью обучения без учителя

- Регрессия как правило, выполняется с помощью обучения с учителем на этапе тестирования, является частным случаем задач прогнозирования.

- Понижение размерности данных и их визуализация выполняется с помощью обучения без учителя

- Восстановление плотности распределения вероятности по набору данных

- Одноклассовая классификация и выявление новизны

- Построение ранговых зависимостей

Типы входных данных при обучении

- Признаковое описание объектов — наиболее распространённый случай.

- Описание взаимоотношений между объектами, чаще всего отношения попарного сходства, выражаемые при помощи матрицы расстояний, ядер либо графа данных

- Временной ряд или сигнал.

- Изображение или видеоряд.

Типы функционалов качества

При обучении с учителем - функционал качества может определяться как средняя ошибка ответов. Предполагается, что искомый алгоритм должен его минимизировать. Для предотвращения переобучения в минимизируемый функционал качества часто в явном или неявном виде добавляют регуляризатор.

При обучении без учителя - функционалы качества могут определяться по-разному, например, как отношение средних межкластерных и внутрикластерных расстояний.

При обучении с подкреплением - функционалы качества определяются физической средой, показывающей качество приспособления агента.

Практические сферы применения

Целью машинного обучения является частичная или полная автоматизация решения сложных профессиональных задач в самых разных областях человеческой деятельности.

- Машинное обучение имеет широкий спектр приложений:

- Распознавание речи

- Распознавание изображений
- Распознавание рукописного ввода
- Техническая диагностика
- Медицинская диагностика
- Прогнозирование временных рядов
- Биоинформатика
- Обнаружение мошенничества
- Обнаружение спама
- Категоризация документов
- Биржевой технический анализ
- Финансовый надзор
- Кредитный скоринг
- Предсказание ухода клиентов
- Хемоинформатика

Сфера применений машинного обучения постоянно расширяется. Повсеместная информатизация приводит к накоплению огромных объёмов данных в науке, производстве, бизнесе, транспорте, здравоохранении. Возникающие при этом задачи прогнозирования, управления и принятия решений часто сводятся к обучению по прецедентам. Раньше, когда таких данных не было, эти задачи либо вообще не ставились, либо решались совершенно другими методами.

Автоматическое доказательство

Автоматическое доказательство— доказательство, реализуемое программно. В основе лежит аппарат математической логики. Используются идеи теории искусственного интеллекта. Процесс доказательства основывается на логике высказываний и логике предикатов.

Логика высказываний (или пропозициональная логика) — это формальная теория, основным объектом которой служит понятие логического высказывания. С точки зрения выразительности, её можно охарактеризовать как классическую логику нулевого порядка. Логика высказываний является простейшей логикой, максимально близкой к человеческой логике неформальных рассуждений и известна ещё со времён античности.

Логика первого порядка (исчисление предикатов) — формальное исчисление, допускающее высказывания относительно переменных, фиксированных функций, и предикатов. Расширяет логику высказываний. В свою очередь является частным случаем логики высшего порядка.

Другие способы применения искусственного интеллекта

Наряду с системами с базой знаний существуют другие приложения ИИ, такие как игры, решение головоломок, обработка естественного языка, распознавание речи, машинное зрение, робототехника, интеллектуальное обучение, обучение машины и решение общих задач. Развитие этих направлений будет способствовать разработке более совершенных и более «похожих на человека» систем с базой знаний.

Игры и решение головоломок (например, шахматы) были первой областью приложения ИИ и инженерии знаний, где имела место имитация человеческого интеллекта и способностей по решению задач. Средства обработки естественных языков дают возможность компьютерам понимать сообщения на различных языках и осуществлять вербальные коммуникации с живыми пользователями. Они снабжены базой знаний (словарем) и в настоящее время используются для создания интерактивного интерфейса с компьютером в таких областях, как электронные таблицы, программы управления базами данных, операционные системы и системы

автоматического перевода. В будущем обработка естественных языков будет использоваться для сканирования, интерпретации и обобщения массивом данных для различных прикладных систем с базой знаний. Распознавание речи и машинное зрение имитируют два наиболее важных человеческих чувства и таким образом упрощают взаимодействие живого эксперта и компьютера. Робототехника занимается копированием физических характеристик человека и их машинной реализацией. Интеллектуальное обучение применяется в основном при обучении с помощью компьютера. Обучение машины — это попытка имитации обучения человека с использованием дедуктивных и индуктивных процессов. Системы решения общих задач предназначены для решения различных видов задач, которые представлены на формальном языке, с использованием алгоритмов и эвристики. **8.5. Взгляд в будущее**

Как и в других областях, настоящее инженерии знаний принадлежит реалистам, которые адаптируют технологии к удовлетворению существующих потребностей. Однако будущее инженерии знаний зависит от мечтателей, предвосхищающих появление технологий, которые будут служить людям в будущем.

В распоряжении инженеров по знаниям будет более совершенное аппаратное и программное обеспечение. Быстрое действие и большая емкость запоминающих устройств позволит использовать знания, основанные на здравом смысле, и предоставит возможность одновременно обрабатывать правила, фреймы и другие структуры знаний. Станет необходимой обработка данных с массовым параллелизмом и применение суперкомпьютеров. Программное обеспечение позволит обучение на базе опыта и обновление его базы данных. Также оно будет обладать возможностями динамического отклика на изменяющиеся входные условия или функцию. Системы с базой знаний будут полагаться на автоматизированное программное обеспечение по получению знаний. В качестве пользовательских интерфейсов будут использоваться распознавание речи и ввод рукописной информации. Коммуникации будут многоязычными, появятся возможности машинного перевода.

Приобретение знаний — это то, что ограничивает развитие систем с базой знаний. Мы сможем разработать более эффективные системы с базой знаний только в том случае, если мы лучше поймем способы обработки знаний, их хранения и поиска, свойственные

человеческому разуму, а также принципы накопления человеком опыта.

У компьютера большие возможности искусственного интеллекта. Он превратится из устройства для обработки данных в устройство для обработки знаний. Обладая сенсорными связями и роботами, система с базой знаний сможет собирать и анализировать информацию, а также действовать без вмешательства человека. Языковое программное обеспечение будет имитировать интуицию. Дополнительные технологии, такие как нейросети или «широкомасштабная» параллельная обработка, подготовят почву для появления интеллектуальных машин более высокого уровня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Абдикеев Н.М., Киселёв А.Д. Управление знаниями корпорации и реинжиниринг бизнеса: Учебник/ Под науч. ред. д-ра техн. наук, проф. Н.М.Абдикеева. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 382 с. + CD-R. – (Учебники для программы MBA).
2. Гаврилова и др. Базы знаний интеллектуальных систем // Учебник для вузов. — СПб.: Питер, 2000.
3. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. — Новосибирск: ИМ СО РАН, 2005. ISBN 5-86134-060-9.
4. Ландэ Д. В. Поиск знаний в Internet. — М.: Диалектика, 2005.
5. Wikipedia.org
6. Wolphramalfa.com

9. Представление знаний в интеллектуальных системах

1. Предисловие
2. Данные и знания. Основные определения.

3. Особенности знаний. Переход от Базы Данных к Базе Знаний.
4. Модели представления знаний. Неформальные (семантические) модели.
5. Формальные модели представления знаний.

В исследованиях по искусственному интеллекту (ИИ) выделились шесть направлений:

1. Представление знаний.
2. Манипулирование знаниями.
3. Общение.
4. Восприятие.
5. Обучение.
6. Поведение.

В рамках направления "Представление знаний" решаются задачи, связанные с формализацией и представлением знаний в памяти интеллектуальной системы (ИС). Для этого разрабатываются специальные модели представления знаний и языки для описания знаний, выделяются различные типы знаний. Изучаются источники, из которых ИС может черпать знания, и создаются процедуры и приемы, с помощью которых возможно приобретение знаний для ИС. Проблема представления знаний для ИС чрезвычайно актуальна, т.к. **ИС - это система, функционирование которой опирается на знания о проблемной области, которые хранятся в ее памяти.**

9.1. Данные и знания. Основные определения.

Информация, с которой имеют дело ЭВМ, разделяется на *процедурную* и *декларативную*. Процедурная информация ошестествлена в *программах*, которые выполняются в процессе решения задач, декларативная информация - в *данных*, с которыми эти программы работают. Стандартной формой представления информации в ЭВМ

является *машинное слово*, состоящее из определенного для данного типа ЭВМ числа двоичных разрядов - *битов*. Машинное слово для представления данных и машинное слово для представления команд, образующих программу, могут иметь одинаковое или разное число разрядов. В последнее время для представления данных и команд используются одинаковые по числу разрядов машинные слова. Однако в ряде случаев машинные слова разбиваются на группы по восемь двоичных разрядов, которые называются *байтами*.

Одинаковое число разрядов в машинных словах для команд и данных позволяет рассматривать их в ЭВМ в качестве одинаковых информационных единиц и выполнять операции над командами, как над данными. **Содержимое памяти образует информационную базу.**

В большинстве существующих ЭВМ возможно извлечение информации из любого подмножества разрядов машинного слова вплоть до одного бита. В ЭВМ можно соединять два или более машинного слова в слово с большей длиной. Однако **машинное слово является основной характеристикой информационной базы, т.к. его длина такова, что каждое машинное слово хранится в одной стандартной ячейке памяти, снабженной индивидуальным именем - адресом ячейки.** По этому имени происходит извлечение информационных единиц из памяти ЭВМ и записи их в нее.

Параллельно с развитием структуры ЭВМ происходило развитие информационных структур для представления данных. Появились способы **описания данных в виде векторов и матриц, возникли списочные структуры, иерархические структуры.** В языках программирования высокого уровня используются *абстрактные типы данных*, структура которых задается программистом. Появление *баз данных* (БД) знаменовало собой еще один шаг на пути организации работы с декларативной информацией. В базах данных могут одновременно храниться большие объемы информации, а специальные средства, образующие *систему управления базами данных* (СУБД), позволяют эффективно манипулировать с данными, при необходимости извлекать их из базы данных и записывать их в нужном порядке в базу.

По мере развития исследований в области ИС возникла концепция знаний, которые объединили в себе многие черты процедурной и декларативной информации.

В ЭВМ знания так же, как и данные, отображаются в знаковой форме - в виде формул, текста, файлов, информационных массивов и т.п. Поэтому можно сказать, что знания - это особым образом организованные данные. Но это было бы слишком узкое понимание. А между тем, в системах ИИ знания являются основным объектом формирования, обработки и исследования. *База знаний*, наравне с базой данных, - необходимая составляющая программного комплекса ИИ. Машины, реализующие алгоритмы ИИ, называются *машинами, основанными на знаниях*, а подраздел теории ИИ, связанный с построением экспертных систем, - *инженерией знаний*.

9.2. Особенности знаний. Переход от Базы Данных к Базе Знаний.

Особенности знаний:

1. *Внутренняя интерпретируемость.* Каждая информационная единица должна иметь уникальное имя, по которому ИС находит ее, а также отвечает на запросы, в которых это имя упомянуто. Когда данные, хранящиеся в памяти, были лишены имен, то отсутствовала возможность их идентификации системой. Данные могла идентифицировать лишь программа, извлекающая их из памяти по указанию программиста, написавшего программу. Что скрывается за тем или иным двоичным кодом машинного слова, системе было неизвестно.

Таблица 1.1

Фамилия	Год рождения	Специальность	Стаж, число лет
Попов	1965	Слесарь	5
Сидоров	1946	Токарь	20
Иванов	1925	Токарь	30
Петров	1937	Сантехник	25

Если, например, в память ЭВМ нужно было записать сведения о сотрудниках учреждения, представленные в табл. 1.1, то без внутренней интерпретации в память ЭВМ была бы занесена совокупность из четырех машинных слов, соответствующих строкам этой таблицы. При этом информация о том, какими группами двоичных разрядов в этих машинных словах закодированы сведения о специалистах, у системы отсутствуют. Они известны лишь программисту, который использует данные табл. 1.1 для решения возникающих у него задач. Система не в состоянии ответить на вопросы типа "Что тебе известно о Петрове?" или "Есть ли среди специалистов сантехник?".

При переходе к знаниям в память ЭВМ вводится информация о некоторой *протоструктуре информационных единиц*. В рассматриваемом примере она представляет собой специальное машинное слово, в котором указано, в каких разрядах хранятся сведения о фамилиях, годах рождения, специальностях и стажах. При этом должны быть заданы специальные словари, в которых перечислены имеющиеся в памяти системы фамилии, года рождения, специальности и продолжительности стажа. Все эти *атрибуты* могут играть роль имен для тех машинных слов, которые соответствуют строкам таблицы. По ним можно осуществлять поиск нужной информации. Каждая строка таблицы будет экземпляром протоструктуры. СУБД обеспечивают реализацию внутренней интерпретируемости всех информационных единиц, хранящихся в базе данных.

2. **Структурированность. Информационные единицы должны обладать гибкой структурой. Для них должен выполняться "принцип матрешки", т.е. рекурсивная вложенность одних информационных единиц в другие.** Каждая информационная единица может быть включена в состав любой другой, и из каждой информационной единицы можно выделить некоторые составляющие ее информационные единицы. Другими словами, должна существовать возможность произвольного установления между отдельными информационными единицами отношений типа "часть - целое", "род - вид" или "элемент - класс".
3. **Связность.** В информационной базе между информационными единицами должна быть предусмотрена возможность

установления связей различного типа. Прежде всего эти связи могут характеризовать отношения между информационными единицами. Семантика отношений может носить декларативный или процедурный характер. Например, две или более информационные единицы могут быть связаны отношением "одновременно", две информационные единицы - отношением "причина - следствие" или отношением "быть рядом". Приведенные отношения характеризуют декларативные знания. Если между двумя информационными единицами установлено отношение "аргумент - функция", то оно характеризует процедурное знание, связанное с вычислением определенных функций. Далее будем различать **отношения структуризации, функциональные отношения, каузальные отношения и семантические отношения**. С помощью первых задаются иерархии информационных единиц, вторые несут процедурную информацию, позволяющую находить (вычислять) одни информационные единицы через другие, третьи задают причинно - следственные связи, четвертые соответствуют всем остальным отношениям.

Между информационными единицами могут устанавливаться и иные связи, например, определяющие порядок выбора информационных единиц из памяти или указывающие на то, что две информационные единицы несовместимы друг с другом в одном описании.

Перечисленные три особенности знаний позволяют ввести общую модель представления знаний, которую можно назвать *семантической сетью*, представляющей собой иерархическую сеть, в вершинах которой находятся информационные единицы. Эти единицы снабжены индивидуальными именами. Дуги семантической сети соответствуют различным связям между информационными единицами. При этом иерархические связи определяются отношениями структуризации, а неиерархические связи - отношениями иных типов.

4. *Семантическая метрика*. На множестве информационных единиц в некоторых случаях полезно задавать отношение, характеризующее ситуационную близость информационных единиц, т.е. силу ассоциативной связи между

информационными единицами. Его можно было бы назвать **отношением релевантности** для информационных единиц. Такое отношение дает возможность выделять в информационной базе некоторые типовые ситуации (например, "покупка", "регулирование движения на перекрестке"). Отношение релевантности при работе с информационными единицами позволяет находить знания, близкие к уже найденным.

5. **Активность.** С момента появления ЭВМ и разделения используемых в ней информационных единиц на данные и команды создалась ситуация, при которой данные пассивны, а команды активны. Все процессы, протекающие в ЭВМ, инициируются командами, а данные используются этими командами лишь в случае необходимости. **Для ИС эта ситуация не приемлема.** Как и у человека, в ИС актуализации тех или иных действий способствуют знания, имеющиеся в системе. Таким образом, выполнение программ в ИС должно инициироваться текущим состоянием информационной базы. **Появление в базе фактов или описаний событий, установление связей может стать источником активности системы.**

Перечисленные пять особенностей информационных единиц определяют ту грань, за которой данные превращаются в знания, а базы данных перерастают в базы знаний (БЗ). Совокупность средств, обеспечивающих работу с знаниями, образует *систему управления базой знаний (СУБЗ)*. В настоящее время не существует баз знаний, в которых в полной мере были бы реализованы внутренняя интерпретируемость, структуризация, связность, введена семантическая мера и обеспечена активность знаний.

9.3. Модели представления знаний. Неформальные (семантические) модели.

Существуют два типа методов представления знаний (ПЗ):

1. Формальные модели ПЗ;
2. Неформальные (семантические, реляционные) модели ПЗ.

Очевидно, все методы представления знаний, которые рассмотрены выше, включая продукции (**это система правил, на которых основана продукционная модель представления знаний**), относятся к неформальным моделям. В отличие от формальных моделей, в основе которых лежит строгая математическая теория, неформальные модели такой теории не придерживаются. Каждая неформальная модель годится только для конкретной предметной области и поэтому не обладает универсальностью, которая присуща моделям формальным. **Логический вывод - основная операция в СИИ - в формальных системах строг и корректен, поскольку подчинен жестким аксиоматическим правилам.** Вывод в неформальных системах во многом определяется самим исследователем, который и отвечает за его корректность.

Каждому из методов ПЗ соответствует свой способ описания знаний.

1. *Логические модели.* В основе моделей такого типа лежит *формальная система*, задаваемая четверкой вида: $M = \langle T, P, A, B \rangle$. Множество T есть *множество базовых элементов* различной природы, например слов из некоторого ограниченного словаря, деталей детского конструктора, входящих в состав некоторого набора и т.п. Важно, что для множества T существует некоторый способ определения принадлежности или непринадлежности произвольного элемента к этому множеству. Процедура такой проверки может быть любой, но за конечное число шагов она должна давать положительный или отрицательный ответ на вопрос, является ли x элементом множества T . Обозначим эту процедуру $\Pi(T)$.

Множество P есть множество *синтаксических правил*. С их помощью из элементов T образуют *синтаксически правильные совокупности*. Например, из слов ограниченного словаря строятся синтаксически правильные фразы, из деталей детского конструктора с помощью гаек и болтов собираются новые конструкции. Декларируется существование процедуры $\Pi(P)$, с помощью которой за конечное число шагов можно получить ответ на вопрос, является ли совокупность X синтаксически правильной.

В множестве синтаксически правильных совокупностей выделяется некоторое подмножество A . Элементы A называются *аксиомами*. Как и для других составляющих формальной системы, должна существовать процедура $\Pi(A)$, с помощью которой для любой синтаксически

правильной совокупности можно получить ответ на вопрос о принадлежности ее к множеству A .

Множество B есть множество *правил вывода*. Применяя их к элементам A , можно получать новые синтаксически правильные совокупности, к которым снова можно применять правила из B . Так формируется *множество выводимых* в данной формальной системе *совокупностей*. Если имеется процедура $\Pi(B)$, с помощью которой можно определить для любой синтаксически правильной совокупности, является ли она выводимой, то соответствующая формальная система называется *разрешимой*. Это показывает, что именно правило вывода является наиболее сложной составляющей формальной системы.

Для знаний, входящих в базу знаний, можно считать, что множество A образуют все информационные единицы, которые введены в базу знаний извне, а с помощью правил вывода из них выводятся новые *производные знания*. **Другими словами формальная система представляет собой генератор порождения новых знаний, образующих множество выводимых в данной системе знаний.** Это свойство логических моделей делает их притягательными для использования в базах знаний. Оно позволяет хранить в базе лишь те знания, которые образуют множество A , а все остальные знания получать из них по правилам вывода.

2. *Сетевые модели*. В основе моделей этого типа лежит конструкция, названная ранее семантической сетью. Сетевые модели формально можно задать в виде

$$H = \langle I, C_1, C_2, \dots, C_n, \Gamma \rangle.$$

Здесь I есть множество информационных единиц; C_1, C_2, \dots, C_n - множество типов связей между информационными единицами. Отображение Γ задает между информационными единицами, входящими в I , связи из заданного набора типов связей.

В зависимости от типов связей, используемых в модели, различают *классифицирующие сети*, *функциональные сети* и *сценарии*. В классифицирующих сетях используются отношения структуризации. Такие сети позволяют в базах знаний вводить разные иерархические отношения между информационными единицами. Функциональные сети характеризуются наличием функциональных отношений. Их часто называют *вычислительными моделями*, т.к. они позволяют описывать процедуры "вычислений" одних информационных единиц через другие. В сценариях используются каузальные отношения, а также

отношения типов "средство - результат", "орудие - действие" и т.п. Если в сетевой модели допускаются связи различного типа, то ее обычно называют семантической сетью.

3. *Продукционные модели.* В моделях этого типа используются некоторые элементы логических и сетевых моделей. Из логических моделей заимствована идея правил вывода, которые здесь называются *продукциями*, а из сетевых моделей - описание знаний в виде семантической сети. В результате применения правил вывода к фрагментам сетевого описания происходит трансформация семантической сети за счет смены ее фрагментов, наращивания сети и исключения из нее ненужных фрагментов. Таким образом, в продукционных моделях процедурная информация явно выделена и описывается иными средствами, чем декларативная информация. Вместо логического вывода, характерного для логических моделей, в продукционных моделях появляется *вывод на знаниях*.

4. *Фреймовые модели.* В отличие от моделей других типов во фреймовых моделях фиксируется жесткая структура информационных единиц, которая называется *протофреймом*. В общем виде она выглядит следующим образом:

(Имя фрейма:

Имя слота 1(значение слота 1)

Имя слота 2(значение слота 2)

.....

Имя слота К (значение слота К)).

Значением *слота* может быть практически что угодно (числа или математические соотношения, тексты на естественном языке или программы, правила вывода или ссылки на другие слоты данного фрейма или других фреймов). В качестве значения слота может выступать набор слотов более низкого уровня, что позволяет во фреймовых представлениях реализовать "принцип матрешки".

При конкретизации фрейма ему и слотам присваиваются конкретные имена и происходит заполнение слотов. Таким образом, из протофреймов получаются *фреймы - экземпляры*. Переход от исходного протофрейма к фрейму - экземпляру может быть многошаговым, за счет постепенного уточнения значений слотов.

Например, структура табл. 1.1, записанная в виде протофрейма, имеет вид

(Список работников:

Фамилия (значение слота 1);

Год рождения (значение слота 2);

Специальность (значение слота 3);

Стаж (значение слота 4)).

Если в качестве значений слотов использовать данные табл. 1.1, то получится фрейм - экземпляр

(Список работников:

Фамилия (Попов - Сидоров - Иванов - Петров);

Год рождения (1965 - 1946 - 1925 - 1937);

Специальность (слесарь - токарь - токарь - сантехник);

Стаж (5 - 20 - 30 - 25)).

Связи между фреймами задаются значениями специального слота с именем "Связь". Часть специалистов по ИС считает, что нет необходимости специально выделять фреймовые модели в представлении знаний, т.к. в них объединены все основные особенности моделей остальных типов.

9.4. Формальные модели представления знаний.

Система ИИ в определенном смысле моделирует интеллектуальную деятельность человека и, в частности, - логику его рассуждений. В грубо упрощенной форме наши логические построения при этом сводятся к следующей схеме: из одной или нескольких посылок (которые считаются истинными) следует сделать "логически верное" заключение (вывод, следствие). Очевидно, для этого необходимо, чтобы и посылки, и заключение были представлены на понятном языке, адекватно отражающем предметную область, в которой проводится вывод. В обычной жизни это наш естественный язык общения, в математике, например, это язык определенных формул и т.п. Наличие же языка предполагает, во - первых, наличие алфавита (словаря), отображающего в символической форме весь набор базовых понятий (элементов), с которыми придется иметь дело и, во - вторых, набор синтаксических правил, на основе которых, пользуясь алфавитом, можно построить определенные выражения.

Логические выражения, построенные в данном языке, могут быть истинными или ложными. Некоторые из этих выражений, являющиеся всегда истинными. Объявляются *аксиомами* (или *постулатами*). Они составляют ту базовую систему посылок, исходя из которой и пользуясь определенными правилами вывода, можно получить заключения в виде новых выражений, также являющихся истинными.

Если перечисленные условия выполняются, то говорят, что система удовлетворяет требованиям *формальной теории*. Ее так и называют *формальной системой* (ФС). Система, построенная на основе формальной теории, называется также *аксиоматической системой*.

Формальная теория должна, таким образом, удовлетворять следующему определению:

всякая формальная теория $F = (A, V, W, R)$, определяющая некоторую аксиоматическую систему, характеризуется:

наличием алфавита (словаря), A ,

множеством синтаксических правил, V ,

множеством аксиом, лежащих в основе теории, W ,

множеством правил вывода, R .

Исчисление высказываний (ИВ) и исчисление предикатов (ИП) являются классическими примерами аксиоматических систем. Эти ФС хорошо исследованы и имеют прекрасно разработанные модели логического вывода - главной метапроцедуры в интеллектуальных системах. Поэтому все, что может и гарантирует каждая из этих систем, гарантируется и для прикладных ФС как моделей конкретных предметных областей. В частности, это гарантии непротиворечивости вывода, алгоритмической разрешимости (для исчисления высказываний) и полурешимости (для исчислений предикатов первого порядка).

ФС имеют и недостатки, которые заставляют искать иные формы представления. Главный недостаток - это "закрытость" ФС, их негибкость. Модификация и расширение здесь всегда связаны с перестройкой всей ФС, что для практических систем сложно и трудоемко. В них очень сложно учитывать происходящие изменения. Поэтому ФС как модели представления знаний используются в тех предметных областях, которые хорошо локализируются и мало зависят от внешних факторов.

-
1. Продукционные системы
 - Компоненты продукционных систем
 - Стратегии решений организации поиска
 2. Логический подход. Представление простых фактов в логических системах
 - Примеры применения логики для представления знаний
 3. Литература
-

9.5. Продукционные системы

Продукции наряду с фреймами являются наиболее популярными средствами представления знаний в ИИ. Продукции, с одной стороны, близки к логическим моделям, что позволяет организовывать на них эффективные процедуры вывода, а с другой стороны, более наглядно отражают знания, чем классические логические модели. В них отсутствуют жесткие ограничения, характерные для логических исчислений, что дает возможность изменять интерпретацию элементов продукции.

9.5.1. Компоненты продукционных систем

В общем виде под продукцией понимается выражение следующего вида: $(i); Q; P; A \Rightarrow B; N$.

Здесь i - имя продукции, с помощью которого данная продукция выделяется из всего множества продукций. В качестве имени может выступать некоторая лексема, отражающая суть данной продукции (например, "покупка книги "), или порядковый номер продукции в их множестве, хранящимся в памяти системы.

Элемент Q характеризует сферу применения продукции. Такие сферы легко выделяются в когнитивных структурах человека. Наши знания как бы "разложены по полочкам". На одной полочке хранятся знания о том, как надо готовить пищу, на другой как добраться до работы, и т.п. Разделение знаний на отдельные сферы позволяет экономить время на поиск нужных знаний. Такое же разделение на сферы в базе знаний ИИ целесообразно и при использовании для представления знаний продукционных моделей.

Основным элементом продукции является ее ядро: $A \Rightarrow B$. Интерпретация ядра продукции может быть различной и зависит от того, что стоит слева и справа от знака секвенции \Rightarrow . Обычное прочтение ядра продукции выглядит так: ЕСЛИ А, ТО В, более сложные конструкции ядра допускают в правой части альтернативный выбор, например, ЕСЛИ А, ТО В₁, ИНАЧЕ В₂. Секвенция может истолковываться в обычном логическом смысле как знак логического следования В из истинного А (если А не является истинным выражением, то о В ничего сказать нельзя). Возможны и другие интерпретации ядра продукции, например А описывает некоторое условие, необходимое для того, чтобы можно было совершить действие В.

Элемент Р есть условие применимости ядра продукции. Обычно Р представляет собой логическое выражение (как правило предикат). Когда Р принимает значение "истина", ядро продукции активизируется. Если Р "ложно", то ядро продукции не может быть использовано.

Элемент N описывает постусловия продукции. Они актуализируются только в том случае, если ядро продукции реализовалось. Постусловия продукции описывают действия и процедуры, которые необходимо выполнить после реализации В. Выполнение N может происходить сразу после реализации ядра продукции.

Если в памяти системы хранится некоторый набор продукции, то они образуют систему продукции. В системе продукции должны быть заданы специальные процедуры управления продукциями, с помощью которых происходит актуализация продукции и выбор для выполнения той или иной продукции из числа актуализированных. В ряде систем ИИ используют комбинации сетевых и производственных моделей представления знаний. В таких моделях декларативные знания описываются в сетевом компоненте модели, а процедурные знания - в производственном. В этом случае говорят о работе производственной системы над семантической сетью.

Классификация ядер продукции.

Ядра продукции можно классифицировать по различным основаниям. Прежде всего все ядра делятся на два больших типа: детерминированные и недетерминированные. В детерминированных ядрах при актуализации ядра и при выполнении А правая часть ядра

выполняется обязательно; в недетерминированных ядрах В может выполняться и не выполняться. Таким образом, секвенция \Rightarrow в детерминированных ядрах реализуется с необходимостью, а в недетерминированных - с возможностью. Интерпретация ядра в этом случае может, например, выглядеть так: ЕСЛИ А, ТО ВОЗМОЖНО В.

Возможность может определяться некоторыми оценками реализации ядра. Например, если задана вероятность выполнения В при актуализации А, то продукция может быть такой: ЕСЛИ А, ТО С ВЕРОЯТНОСТЬЮ р РЕАЛИЗОВАТЬ В. Оценка реализации ядра может быть лингвистической, связанной с понятием терм-множества лингвистической переменной, например: ЕСЛИ А, ТО С БОЛЬШЕЙ ДОЛЕЙ УВЕРЕННОСТИ В. Возможны иные способы реализации ядра.

Детерминированные продукции могут быть однозначными и альтернативными. Во втором случае в правой части ядра указываются альтернативные возможности выбора, которые оцениваются специальными весами выбора. В качестве таких весов могут использоваться вероятностные оценки, лингвистические оценки, экспертные оценки и т.п.

Особым типом являются прогнозирующие продукции, в которых описываются последствия, ожидаемые при актуализации А, например: ЕСЛИ А, ТО С ВЕРОЯТНОСТЬЮ р МОЖНО ОЖИДАТЬ В.

Дальнейшую классификацию ядер продукции можно провести, опираясь на типовую схему СИИ (рис. 1) Если х и у обозначают любой из блоков рисунка (О,Д,З,Л), то ядро $A_x \Rightarrow B_y$ означает, что информация об А берется из блока х, а результат срабатывания продукции В посылает в блок у. Комбинации х и у, осмысленные с точки зрения СИИ, отмечены в табл.1 знаком "+"

Т а б л и ц а 1

<i>A</i> / <i>B</i>	<i>O</i>	<i>Д</i>	<i>З</i>	<i>Л</i>
<i>O</i>		+		+
<i>Д</i>	+	+	+	+
<i>З</i>	+		+	+
<i>Л</i>	+		+	+

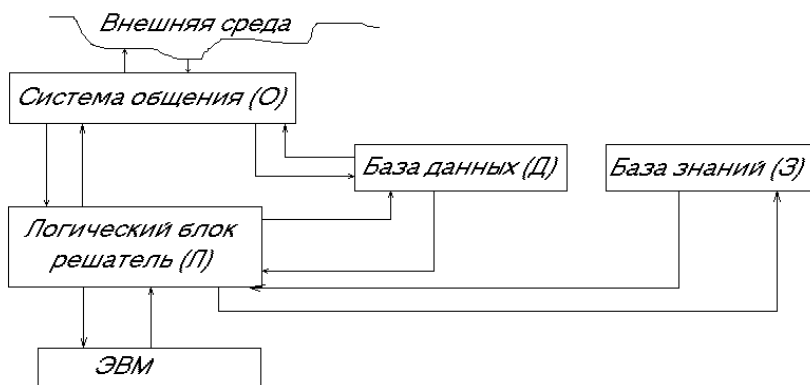


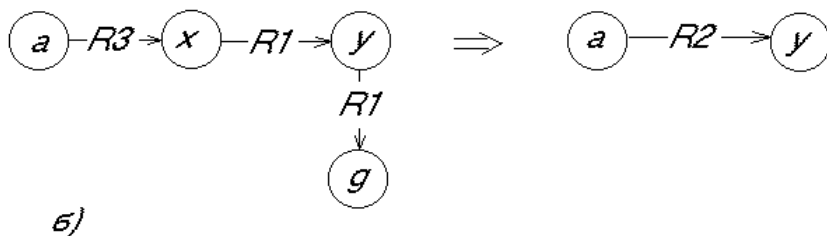
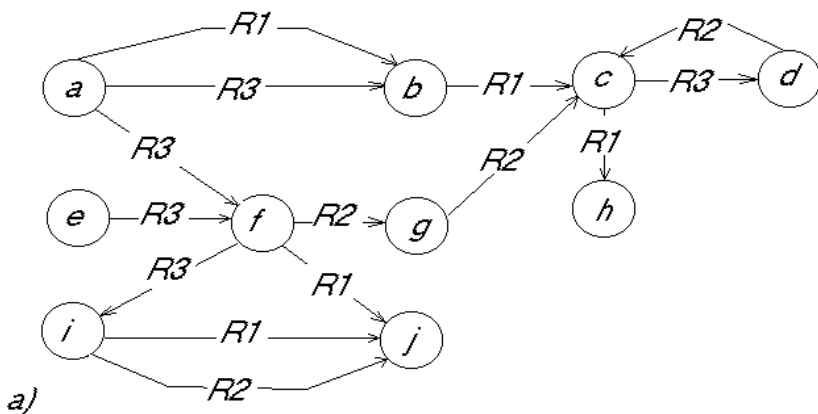
Рис 1

Рассмотрим часто встречающийся тип продукции $A_3 \Rightarrow B_3$. В этом случае A_3 и B_3 представляют собой некоторые фрагменты информации, хранящейся в базе знаний. При сетевом представлении это могут быть фрагменты семантической сети, при логических моделях - формулы

того или иного исчисления. Тогда смысл продукции $A_3 \Rightarrow B_3$ состоит в замене одного фрагмента базы знаний другим. Для актуализации этой продукции необходимо, чтобы в базе знаний существовал фрагмент, совпадающий с А. При поиске в базе знаний А играет роль образца, а процедура такого поиска называется поиском по образцу.

9.5.2. Стратегии решений организации поиска

Для иллюстрации поиска предположим, что в базе знаний для представления знаний используется семантическая сеть (рис.2а) и продукция (рис.2б).



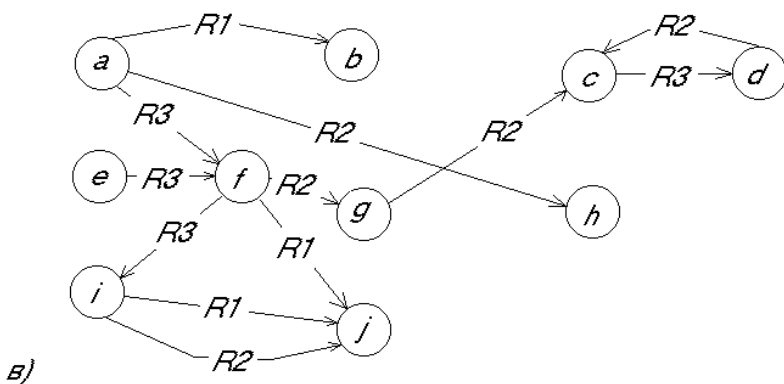


Рис. 2

Поиск А в базе знаний организуется различными способами. Можно, например, сначала искать вершину а. Если в базе знаний такой вершины нет, то поиск заканчивается неудачей. Если вершина а найдена, то ищутся все выходящие из нее дуги, помеченные отношением R3, так как в образце справа от этой дуги стоит вершина х, на месте которой в базе знаний может находиться любая вершина. Если из а не выходит ни одной дуги, помеченной отношением R3, то поиск заканчивается неудачей. Но если такие дуги есть, то происходит переход во все вершины, с которыми вершину а связывает отношение R3, т.е. возникает параллельный процесс поиска. В примере произойдет переход от вершины а к вершинам b и f, из которых начинается поиск выходящих из них дуг, помеченные отношением R1, ведущих в любую вершину, так как в образце далее стоит вершина, которой соответствует свободная переменная у. Далее процесс продолжается аналогичным образом. В примере поиск оказывается успешным. После нахождения А в семантической сети происходит замена, которая определяется правой частью образца. В результате возникает трансформированная сеть (рис. 2в).

Продукция $A_d \Rightarrow B_3$ может соответствовать процедуре нахождения закономерностей по эмпирическим данным. Логический блок на основании просмотра и анализа данных выдвигает гипотезы и наличие закономерностей и, убедившись в их приемлемости и достаточной обоснованности, записывает их в базу знаний. Аналогично можно интерпретировать и иные типы продукций из таблицы 1.

9.6. Логический подход. Представление простых фактов в логических системах

Представление - это действие, делающее некоторое понятие **воспринимаемым посредством фигуры, записи, языка или формализма**. Теория знаний изучает связи между субъектом (изучающим) и объектом. **Знание (в объективном смысле) - то, что известно (то, что знаем после изучения).**

Представление знаний- формализация истинных убеждений посредством фигур, записей или языков. Нас особенно интересуют формализации, воспринимаемые (распознаваемые) ЭВМ. **Возникает вопрос о представлении знаний в памяти ЭВМ, т.е. о создании языков и формализмов представления знаний.** Они преобразуют наглядное представление (созданное посредством речи, изображением, естественным языком, вроде английского или немецкого, формальным языком, вроде алгебры или логики, рассуждениями и т.д.) в пригодное для ввода и обработки в ЭВМ. Результат формализации должен быть множеством инструкций, составляющих часть языка программирования.

Представлению знаний присущ пассивный аспект: книга, таблица, заполненная информацией память. **В ИИ подчеркивается активный аспект представления: знать должно стать активной операцией, позволяющей не только запоминать, но и извлекать воспринятые (приобретенные, усвоенные) знания для рассуждений на их основе. Следовательно, истоки представления знаний - в науке о познании, а его конечная цель - программные средства информатики.** Во многих случаях подлежащие представлению знания относятся к довольно ограниченной области, например:

- описание состояния человека,
- описание ситуации в игре (например, расположение фигур в шахматах),
- описание размещения персонала предприятия,
- описание пейзажа.

Для характеристики некой области говорят об "области рассуждений" или "области экспертизы". Численная формализация таких описаний в

общем мало эффективна. Напротив, использование символического языка, такого, как язык математической логики, позволяет формулировать описания в форме, одновременно близкой и к обычному языку, и к языку программирования. Впрочем, математическая логика позволяет рассуждать, базируясь на приобретенных знаниях: логические выводы действительно являются активными операциями получения новых знаний из усвоенных.

В силу всех этих причин математическая логика лежит в основе различных представлений в ИИ. Данный раздел посвящен представлению простых фактов с помощью логики предикатов. Логическое представление служит также отправной точкой для других представлений (таких как "сетевые" и "объективные"), используемых в ИИ.

Синтаксис логики предикатов.

Язык логики предикатов задается синтаксисом. Для представления знаний базисные синтаксические категории языка изображаются такими символами, которые несут достаточно четкую информацию и дают довольно ясную картину об области рассуждений (экспертизы).

Логика предикатов, называемая также логикой первого порядка, допускает четыре типа выражений.

- Константы. Они служат именами индивидуумов (в отличие от имен совокупностей): объектов, людей или событий. Константы представляются символами вроде Жак_2 (добавление 2 к слову Жак указывает на вполне определенного человека среди людей с таким именем), Книга_22, Посылка_8.
- Переменные. Обозначают имена совокупностей, таких как человек, книга, посылка, событие. Символ Книга_22 представляет вполне определенный экземпляр, а символ книга указывает либо множество "всех книг", либо "понятие книги". Символами x,y,z представлены имена совокупностей (определенных множеств или понятий).
- Предикатные имена. Они задают правила соединения констант и переменных, например правила грамматики, процедуры, математические операции. Для предикативных имен используются символы наподобие следующих: Фраза,

Посылать, Писать, Плюс, Разделить. Предикатное имя иначе называется предикатной константой.

- Функциональные имена представляют такие же правила, как и предикаты. Чтобы не спутать с предикатными именами, функциональные имена пишут одними строчными буквами: фраза, посылать, писать, плюс, разделить. Их называют так же функциональными константами.

Символы, которые применяются для представления констант, переменных, предикатов и функций, не являются "словами русского языка". Они суть символы некоторого представления - слова "объектного языка" (в нашем случае языка предикатов).

Представление должно исключать всякую двусмысленность языка. Поэтому имена индивидуумов содержат цифры, приписываемые к именам совокупностей. Жак_1 и Жак_2 представляют двух людей с одинаковыми именами. Эти представления суть конкретизации имени совокупности "Жак". Предикат - это предикатное имя вместе с подходящим числом термов. Предикат называют так же предикатной формой.

Примеры применения логики для представления знаний.

Проиллюстрируем синтаксис логики предикатов, сопоставляя нескольким русским фразам их перевод на язык логического формализма.

- По русски: Жак посылает книгу Мари,
Логически: Посылка (Жак_2, Мари_4, Книга_22).
- По русски: Каждый человек прогуливается,
Логически: $\forall x (\text{Человек}(x) \supset \text{Прогуливается}(x))$.
- По русски: Некоторые люди прогуливаются,
Логически: $\exists x (\text{Человек}(x) \wedge \text{Прогуливается}(x))$.

(Сравнивая два последних примера, видим, что замена прилагательного "каждый" на "некоторые" влечет при переводе не только замену квантора \forall на \exists , но и замену связки \supset на \wedge . Это иллюстрирует тот факт, что перевод фразы естественного языка на логический, вообще говоря, не является трафаретной операцией.)

- По русски: Ни один человек не прогуливается,
Логически: $\neg (\exists x (\text{Человек}(x) \wedge \text{Прогуливается}(x)))$.

10. Планирование задач

1. Основные определения
 2. Комплексная схема нечеткого планирования
 3. Особенности планирования целенаправленных действий
 4. Оценка сложности задачи планирования
 5. Литература
-

10.1. Основные определения

Функционирование многих ИС носит целенаправленный характер . Типичным актом такого функционирования является решение задачи планирования пути достижения нужной цели из некоторой фиксированной начальной ситуации. Результатом решения задачи должен быть *план действий* - частично-упорядоченная совокупность действий. Такой план напоминает сценарий, в котором в качестве отношения между вершинами выступают отношения 'типа: "цель-подцель" "цель-действие", "действие-результат" и т. п.. Любой путь в этом сценарии, ведущий от вершины, соответствующей текущей ситуации, в любую из целевых вершин, определяет план действий.

Поиск плана действий возникает в ИС лишь тогда, когда она сталкивается с нестандартной ситуацией, для которой нет заранее известного набора действий, приводящих к нужной цели. **Все задачи построения плана действий можно разбить на два типа, которым соответствуют различные модели: планирование в пространстве состояний (SS-проблема) и планирование в пространства задач (PR-проблема).**

В первом случае считается заданным некоторое пространство ситуаций. Описание ситуаций включает состояние внешнего мира и состояние ИС, характеризуемые рядом параметров. Ситуации образуют некоторые обобщенные состояния, а действия ИС или изменения во внешней среде приводят к изменению актуализированных в данный момент состояний. Среди обобщенных состояний выделены начальные состояния (обычно одно) и конечные (целевые) состояния. **SS-проблема состоит в поиске пути, ведущего из начального состояния в одно из конечных.** Если, например, ИС предназначена для игры в шахматы, то обобщенными состояниями будут позиции, складывающиеся на шахматной доске. В качестве начального состояния может рассматриваться позиция, которая зафиксирована в данный момент игры, а в качестве целевых позиций - множество ничейных позиций. Отметим, что в случае шахмат прямое перечисление целевых позиций невозможно. Матовые и ничейные позиции описаны на языке, отличном от языка описания состояний, характеризуемых расположением фигур на полях доски. Именно это затрудняет поиск плана действий в шахматной игре.

При планировании в пространстве задач ситуация несколько иная. Пространство образуется в результате введения на множестве задач отношения типа: "часть - целое", "задача - подзадача", "общий случай - частный случай" и т. п. Другими словами, **пространство задач отражает декомпозицию задач на подзадачи (цели на подцели).** PR-проблема состоит в поиске декомпозиции исходной задачи на подзадачи, приводящей к задачам, решение которых системе известно. Например, ИС известно, как вычисляются значения $\sin x$ и $\cos x$ для любого значения аргумента и как производится операция деления. Если ИС необходимо вычислить $\operatorname{tg} x$, то решением PR-проблемы будет представление этой задачи в виде декомпозиции $\operatorname{tg} x = a = \sin x / \cos x$ (кроме $\pi/2 + k\pi$).

Дадим классификацию методов, используемых при решении SS- и PR-проблем.

1. Планирование по состояниям. Представление задач в пространстве состояний предполагает задание ряда описаний: **состояний, множества операторов и их воздействий на переходы между состояниями, целевых состояний. Описания состояний могут представлять собой строки символов, векторы, двухмерные массивы, деревья, списки и т. п. Операторы переводят одно состояние в другое.** Иногда они представляются в виде продукций $A \Rightarrow B$, означающих, что состояние A преобразуется в состояние B .

Пространство состояний можно представить как граф, вершины которого помечены состояниями, а дуги-операторами. Если некоторая дуга направлена от вершины n_i к вершине n_j , то n_i называется дочерней, а n_j -родительской вершинами

Последовательность вершин $n_{i1}, n_{i2}, \dots, n_{ik}$, в которой каждая n_i -дочерняя вершина для вершины n_{i-1} , $i=2, \dots, k$, называется путем длиной k от вершины n_{i1} к вершине n_{ik} .

Таким образом, проблема поиска решения задачи $\langle A, B \rangle$ при планировании по состояниям представляется как проблема поиска на графе пути из A в B . Обычно графы не задаются, а генерируются по мере надобности.

Различаются *слепые* и *направленные методы поиска пути*. Слепой метод имеет два вида: *поиск вглубь* и *поиск вширь*. При поиске вглубь каждая альтернатива исследуется до конца, без учета остальных альтернатив. Метод плох для "высоких" деревьев, так как легко можно проскользнуть мимо нужной ветви и затратить много усилий на исследование "пустых" альтернатив. При поиске вширь на фиксированном уровне исследуются все альтернативы и только после этого осуществляется переход на следующий уровень. Метод может оказаться хуже метода поиска вглубь, если в графе все пути, ведущие к целевой вершине, расположены примерно на одной и той же глубине. Оба слепых метода требуют большой затраты времени и поэтому необходимы направленные методы поиска.

Метод ветвей и границ. Из формирующихся в процессе поиска неоконченных путей выбирается самый короткий и продлевается на

один шаг. Полученные новые неоконченные пути (их столько, сколько ветвей в данной вершине) рассматриваются наряду со старыми, и вновь продлевается на один шаг кратчайший из них. Процесс повторяется до первого достижения целевой вершины, решение запоминается. Затем из оставшихся неоконченных путей исключаются более длинные, чем законченный путь, или равные ему, а оставшиеся продлеваются по такому же алгоритму до тех пор, пока их длина меньше законченного пути. В итоге либо все неоконченные пути исключаются, либо среди них формируется законченный путь, более короткий, чем ранее полученный. Последний путь начинает играть роль эталона и т. д.

Алгоритм кратчайших путей Мура. Исходная вершина x_0 помечается числом 0. Пусть в ходе работы алгоритма на текущем шаге получено множество дочерних вершин $\Gamma(x_i)$ вершины x_i . Тогда из него вычеркиваются все ранее полученные вершины, оставшиеся помечаются меткой, увеличенной на единицу по сравнению с меткой вершины x_i , и от них проводятся указатели к x_i . Далее, на множестве помеченных вершин, еще не фигурирующих в качестве адресов указателей, выбирается вершина с наименьшей меткой и для нее строятся дочерние вершины. Разметка вершин повторяется до тех пор, пока не будет получена целевая вершина.

Алгоритм Дейкстры определения путей с минимальной стоимостью является обобщением алгоритма Мура за счет введения дуг переменной длины.

Алгоритм Дорана и Мичи поиска с низкой стоимостью. Используется, когда стоимость поиска велика по сравнению со стоимостью оптимального решения. В этом случае вместо выбора вершин, наименее удаленных от начала, как в алгоритмах Мура и Дейкстры, выбирается вершина, для которой эвристическая оценка расстояния до цели наименьшая. При хорошей оценке можно быстро получить решение, но нет гарантии, что путь будет минимальным.

Алгоритм Харта, Нильсона и Рафаэля. В алгоритме объединены оба критерия: стоимость пути до вершины $g(x)$ и стоимость пути от вершины $h(x)$ - в аддитивной оценочной функции $f(x) = g(x) + h(x)$. При условии $h(x) < h_p(x)$, где $h_p(x)$ - действительное расстояние до цели, алгоритм гарантирует нахождение оптимального пути.

Алгоритмы поиска пути на графе различаются также направлением поиска. Существуют прямые, обратные и двунаправленные методы поиска. Прямой поиск идет от исходного состояния и, как правило, используется тогда, когда целевое состояние задано неявно. Обратный поиск идет от целевого состояния и используется тогда, когда исходное состояние задано неявно, а целевое явно. Двунаправленный поиск требует удовлетворительного решения двух проблем: смены направления поиска и оптимизации "точки встречи". Одним из критериев для решения первой проблемы является сравнение "ширины" поиска в обоих направлениях-выбирается то направление, которое сужает поиск. Вторая проблема вызвана тем, что прямой и обратный пути могут разойтись и чем уже поиск, тем это более вероятно.

2. Планирование по задачам. Этот метод приводит к хорошим результатам потому, что часто решение задач имеет иерархическую структуру. Однако не обязательно требовать, чтобы основная задача и все ее подзадачи решались одинаковыми методами. Редукция полезна для представления глобальных аспектов задачи, а при решении более специфичных задач предпочтителен метод планирования по состояниям. Метод планирования по состояниям можно рассматривать как частный случай метода планирования с помощью редукций, ибо каждое применение оператора в пространстве состояний означает сведение исходной задачи к двум более простым, из которых одна является элементарной. В общем случае редукция исходной задачи не сводится к формированию таких двух подзадач, из которых хотя бы одна была элементарной.

Поиск планирования в пространстве задач заключается в последовательном сведении исходной задачи к все более простым до тех пор, пока не будут получены только элементарные задачи. Частично упорядоченная совокупность таких задач составит решение исходной задачи. Расчленение задачи на альтернативные множества подзадач удобно представлять в виде И/ИЛИ-графа. В таком графе всякая вершина, кроме концевой, имеет либо конъюнктивно связанные дочерние вершины (И-вершина), либо дизъюнктивно связанные (ИЛИ-вершина). В частном случае, при отсутствии И-вершин, имеет место граф пространства состояний. Концевые вершины являются либо заключительными (им соответствуют элементарные задачи), либо тупиковыми. Начальная вершина (корень И/ИЛИ-графа) представляет исходную задачу. Цель поиска на И/ИЛИ-графе - показать, что начальная вершина разрешима. Разрешимыми являются

заключительные вершины (И-вершины), у которых разрешимы все дочерние вершины, и ИЛИ-вершины, у которых разрешима хотя бы одна дочерняя вершина. Разрешающий граф состоит из разрешимых вершин и указывает способ разрешимости начальной вершины. Наличие тупиковых вершин приводит к неразрешимым вершинам. Неразрешимыми являются тупиковые вершины, И-вершины, у которых неразрешима хотя бы одна дочерняя вершина, и ИЛИ-вершины, у которых неразрешима каждая дочерняя вершина.

Алгоритм Ченга и Слейгла. Основан на преобразовании произвольного И/ИЛИ-графа в специальный ИЛИ-граф, каждая ИЛИ-ветвь которого имеет И-вершины только в конце. Преобразование использует представление произвольного И/ИЛИ-графа как произвольной формулы логики высказываний с дальнейшим преобразованием этой произвольной формулы в дизъюнктивную нормальную форму. Подобное преобразование позволяет далее использовать алгоритм Харта, Нильсона и Рафаэля.

Метод ключевых операторов. Пусть задана задача $\langle A, B \rangle$ и известно, что оператор f обязательно должен входить в решение этой задачи. Такой оператор называется ключевым. Пусть для применения f необходимо состояние C , а результат его применения есть $f(c)$. Тогда И-вершина $\langle A, B \rangle$ порождает три дочерние вершины: $\langle A, C \rangle$, $\langle C, f(c) \rangle$ и $\langle f(c), B \rangle$, из которых средняя является элементарной задачей. К задачам $\langle A, C \rangle$ и $\langle f(c), B \rangle$ также подбираются ключевые операторы, и указанная процедура редуцирования повторяется до тех пор, пока это возможно. В итоге исходная задача $\langle A, B \rangle$ разбивается на упорядоченную совокупность подзадач, каждая из которых решается методом планирования в пространстве состояний.

Возможны альтернативы по выбору ключевых операторов, так что в общем случае будет иметь место И/ИЛИ-граф. В большинстве задач удается не выделить ключевой оператор, а только указать множество, его содержащее. В этом случае для задачи $\langle A, B \rangle$ вычисляется различие между A и B , которому ставится в соответствие оператор, устраняющий это различие. Последний и является ключевым.

Метод планирования общего решателя задач (ОРЗ). ОРЗ явился первой наиболее известной моделью планировщика. Он использовался для решения задач интегрального исчисления, логического вывода,

грамматического разбора и др. ОРЗ объединяет два основных принципа поиска:

анализ целей и средств и рекурсивное решение задач. В каждом цикле поиска ОРЗ решает в жесткой последовательности три типа стандартных задач: преобразовать объект A в объект B , уменьшить различие D между A и B , применить оператор f к объекту A . Решение первой задачи определяет различие D второй - подходящий оператор f , третьей - требуемое условие применения C . Если C не отличается от A , то оператор f применяется, иначе C представляется как очередная цель и цикл повторяется, начиная с задачи "преобразовать A в C ". В целом стратегия ОРЗ осуществляет обратный поиск - от заданной цели B к требуемому средству ее достижения C , используя редукцию исходной задачи $\langle A, B \rangle$ к задачам $\langle A, C \rangle$ и $\langle C, B \rangle$.

Заметим, что в ОРЗ молчаливо предполагается независимость различий друг от друга, откуда следует гарантия, что уменьшение одних различий не приведет к увеличению других.

3. Планирование с помощью логического вывода. Такое планирование предполагает: описание состояний в виде **правильно построенных формул** (ППФ) некоторого логического исчисления, описание операторов в виде либо ППФ, либо правил перевода одних ППФ в другие. Представление операторов в виде ППФ позволяет создавать дедуктивные методы планирования, представление операторов в виде правил перевода - методы планирования с элементами дедуктивного вывода.

Дедуктивный метод планирования системы QA3, ОРЗ не оправдал возлагавшихся на него надежд в основном из-за неудовлетворительного представления задач. Попытка исправить положение привела к созданию вопросно-ответной системы QA3. Система рассчитана на произвольную предметную область и способна путем логического вывода ответить на вопрос: возможно ли достижение состояния B из A ? В качестве метода автоматического вывода используется принцип резолюций. Для направления логического вывода QA3 применяет различные стратегии, в основном синтаксического характера, учитывающие особенности формализма принципа резолюций. Эксплуатация QA3 показала, что вывод в такой системе получается медленным, детальным, что несвойственно рассуждениям человека.

Метод продукций системы STRIPS . В этом методе оператор представляет продукцию $P, A \Rightarrow B$, где P, A и B -множества ППФ исчисления предикатов первого порядка, P выражает условия применения ядра продукции $A \Rightarrow B$, где B содержит список добавляемых ППФ и список исключаемых ППФ, т. е. постуловия. Метод повторяет метод ОРЗ с тем отличием, что стандартные задачи определения различий и применения подходящих операторов решаются на основе принципа резолюций. Подходящий оператор выбирается так же, как в ОРЗ, на основе принципа "анализ средств и целей". Наличие комбинированного метода планирования позволило ограничить процесс логического вывода описанием состояния мира, а процесс порождения новых таких описаний оставить за эвристикой "от цели к средству ее достижения".

Метод продукций, использующий макрооператоры . Макрооператоры-это обобщенные решения задач, получаемые методом STRIPS. Применение макрооператоров позволяет сократить поиск решения, однако при этом возникает проблема упрощения применяемого макрооператора, суть которой заключается в выделении по заданному различию его требуемой части и исключении из последней ненужных операторов.

Метод иерархической системы продукций решателя ABSTRIPS . В этом методе разбиение пространства поиска на уровни иерархии осуществляется с помощью детализации продукций, используемых в методе STRIPS. Для этого каждой литере ППФ, входящей в множество P условий применения продукции, присваивается вес $j, j=0, k$, и на i -м уровне планирования, осуществляемом методом системы STRIPS, учитываются лишь литеры веса j . Таким образом, на k -ом уровне продукции описываются наименее детально, на нулевом-наиболее детально как в методе системы STRIPS. Подобное разбиение позволяет для планирования на j -м уровне использовать решение $(j+1)$ -го уровня как скелет решения j -го уровня, что повышает эффективность поиска в целом.

Усовершенствованный метод планирования Ньюэлла и Саймона. В основу метода положена следующая идея дальнейшего совершенствования метода ОРЗ: задача решается сначала в упрощенной (за счет ранжировки различий) области планирования, а затем делается попытка уточнить решение применительно к более детальной, исходной проблемной области.

10.2. Комплексная схема нечеткого планирования

Недостатком большинства известных систем планирования является их жесткая привязка к схеме планирования. Любая из них всегда ищет решение либо SS-проблемы, либо PR-проблемы. Связано это с фиксацией формы представления информации для планирования. Для классических моделей SS- и PR-проблем эти формы различны. Ясно, однако, что человек в своей деятельности успешно комбинирует шаги планирования из решения SS- и PR-проблем. Вторым недостатком является детерминированность систем планирования. В реальных ИС детерминированность планирования, как правило, не имеет места. Обобщение нечетких SS- и PR-проблем заключается в допущении нечетких состояний и нечетких операторов перехода из состояния в состояние. Разбиение задачи на подзадачи имеет весовые коэффициенты на дугах со значениями из $[0, 1]$, которые интерпретируются как достоверности решения соответствующих подпроблем. Достоверность решения PR-проблемы определяется как минимум достоверностей решения ее подпроблем.

При переходе к обобщенной стратегии из решений нечетких подпроблем PR-проблемы, рассматриваемых как нечеткие SS-проблемы, можно получить решение нечеткой PR-проблемы, рассматриваемой также как нечеткая SS-проблема.

Схемой SS-проблемы называется пара $M=(S,G)$, где S -множество состояний, G -множество отображений $g: S \rightarrow S$, называемых операторами. Путем из состояния $s_0 \in S$ в состояние $s_k \in S$ называется конечная последовательность $p=((s_0, g_0), (s_1, g_1), \dots, (s_{k-1}, g_{k-1}), s_k)$, такая, что $g_i(s_i) = s_{i+1}$ для $i=0, \dots, k-1$. SS-проблема-это четверка $P=(S, G, i, f)$, где (S, G) -схема SS-проблемы, $i, f \in S$ -соответственно начальное и заключительное состояние. Путь x , ведущий из i в f , есть решение P , а множество всех подобных путей составляет множество решений.

Схемой PR-проблемы называется пара $N=(\Sigma, \wp)$, где Σ -множество проблем, \wp -множество отображений $\gamma: \Sigma \rightarrow \Sigma^+$, называемых операторами. Если $P \in \Sigma$, $\pi \in \Sigma^+$, то $\gamma_P(\pi)$ -отображение, представляющее проблему P в виде цепочки подпроблем $\pi = P_1 \dots P_n$. Для схемы $N=(\Sigma, \wp)$ накрывающий путь q из проблемы σ_0 в конечное множество проблем $\Sigma_k = \{\sigma_1, \dots, \sigma_n\} \in \Sigma^+$ является конечной последовательностью, где $q = ((x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_{k-1}, y_{k-1}), x_k)$, $x_i \in \Sigma^+$ для $i=0, \dots, k$, $y \in \Sigma^+$ для

$i=0, \dots, k-1$, так что $x_0 = \sigma_0$, $x_k \in \Sigma^+$. PR-проблема представляет собой четверку $Z = (\Sigma, \wp, P_0, \Phi)$, где (Σ, \wp) -схема PR-проблемы, $P_0 \in \Sigma$ - начальная проблема, $\Phi \subset \Sigma$ - множество конечных проблем. Решение Z представляет собой накрывающий путь (Σ, \wp) из P_0 в Φ , множество решений x_z есть множество всех решений Z .

Приведенные определения рассматривают только синтаксис описания проблемы независимо от смысла используемой формальной схемы. В схеме SS-проблемы синтаксис и семантика могут совпадать в более сложных случаях, например в схеме PR-проблемы они должны различаться. Под семантикой здесь понимается способ, с помощью которого решение искомой проблемы получается из решений подзадач, к которым она свелась. Приведем формальное определение семантики сведения задачи к подзадачам.

Импликата проблемы P есть пара (π, ψ) , где $\pi = P_1 P_2 \dots P_k$ - цепочка проблем, ψ - отображение из $X_{P_1} \times X_{P_2} \dots \times X_{P_k}$ в X_P (X_{P_i} обозначает множество решений P_i). *Имплицативная схема* есть тройка $\Lambda = (P, \pi, \psi)$, такая, что P - проблема, (π, ψ) - импликата P . Множество T имплицативных схем называется *имплицативной сетью*. Множество проблем имплицативной сети

$$\Omega = \{x | (\exists \Lambda) (\Lambda = (P, \pi, \psi)) \wedge ((x=P) \vee (x - \text{символ } \pi))\}.$$

Объединим синтаксис и семантику подхода, основанного на разбиении проблемы на подпроблемы. PR-проблема $Z = (\Sigma, \wp, P_0, \Phi)$ представляет имплицативную сеть T тогда и только тогда, когда $\Sigma = \Omega_t$ и для каждого $\Lambda = (P, \pi, \psi) \in T$ существует в точности одно $\gamma \in \wp$, такое, что $P \gamma = \pi$, и для каждого $\gamma \in \wp$, и для каждого P из области определения γ существует в точности одно $\Lambda = (P, \pi, \psi) \in T$, такое, что $\pi = P \gamma$. Проблема P решена тогда и только тогда, когда X_P - непустое множество.

Если PR-проблема представляет имплицативную сеть, то проблема P_0 разрешима. Для существования решения достаточно, чтобы имплицативные схемы в имплицативной сети T существовали только для всех пар (x_i, y_i) , $i=0, \dots, k-1$, входящих в накрывающий путь схемы PR-проблемы. В этом случае синтаксис и семантика PR-проблемы не совпадают. В данном случае PR-проблема частично представляет имплицативную сеть T .

Подчеркнем, что как синтаксис, так и семантика подхода разбиения проблемы на подпроблемы не предполагают предварительного определения проблемы. Поэтому можно в качестве проблемы выбрать SS-проблему.

Рассмотрим понятие, объединяющее подходы разбиения проблемы на под-проблемы и поиска в пространстве состояний. I-проблемой (объединенной проблемой) называется четверка $R=(B, \wp, P_0, T)$, где B -множество SS-проблем;

(B, \wp) -схема PR-проблем; $P_0 \in B$ -основная проблема; T -импликативная сеть, такая, что $\Omega_T \cap B = \emptyset$. Кроме того, R есть решение SS-проблемы P_0 . Учитывая связь между существованием импликативной сети и разрешимостью проблемы, легко показать, что если для заданной I-проблемы найден накрывающий путь x из P_0 на множество $\Phi' \subseteq B$, проблемы Φ' разрешимы как SS-проблемы, если x частично представляет импликативную сеть T , то и проблема R разрешима как SS-проблема.

Рассмотрим головоломку "Ханойская башня". Имеются три стержня 1, 2 и 3 и три диска различных размеров A, B, C с отверстием в центре, которые могут одеваться на стержни. В исходной позиции диски находятся на стержне 1; самый большой диск C -внизу, самый маленький диск A -наверху. Требуется перенести все диски на стержень 3, перемещая за один раз только один диск. Брать можно только самый верхний диск на стержне, причем его нельзя класть на диск, меньший по размерам. Используем для записи состояний и операторов классическую формализацию. Выражение ijk обозначает конфигурацию, при которой диск C находится на стержне i , диск B - на стержне j и диск A -на стержне k . Выражение xij обозначает действие, при котором диск x перемещается со стержня i на стержень j . С помощью этого формализма можно просто записать все состояния и переходы головоломки в виде треугольного графа, где вершины соответствуют расположению дисков на стержнях, а дуги-возможным перекладываниям дисков (рис.1). На этой головоломке легко проиллюстрировать все основные понятия обобщенной стратегии проблем.

Представим головоломку в виде модели I-проблемы. Рассмотрим I-проблему $R=(B, \wp, P_0T)$, где $B=\{P_0, P_1, \dots, P_9\}$; $\wp=\{\gamma\}$; $T=\{\Lambda_1, \Lambda_2, \Lambda_3\}$.

SS-проблемы P_0, P_1, \dots, P_9 определяются следующим образом. На рис. 1 показана схема SS-проблемы $M = (S, G)$, где

$$P_0 = (S, G, 111, 333), P_1 = (S, G, 111, 122), P_2 = (S, G, 122, 322),$$

$$P_3 = (S, G, 322, 333), P_4 = (S, G, 111, 113), P_5 = (S, G, 113, 123),$$

$$P_6 = (S, G, 123, 122), P_7 = (S, G, 322, 321), P_8 = (S, G, 321, 331),$$

$$P_9 = (S, G, 331, 333).$$

Схема PR-проблемы $N = (B, \wp)$ приведена на рис. 2; импликативная сеть T - на рис.3, причем $\Lambda_1 = (P_0, P_1 P_2 P_3, \Psi)$, $\Lambda_2 = (P_1, P_4 P_5 P_6, \Psi)$, $\Lambda_3 = (P_3, P_7 P_8 P_9, \Psi)$, где $\Psi(x_1, x_2, x_3) = x_1 x_2 x_3$.

Проблемы P_2 и P_4 - P_9 решаются перекладыванием одного диска и являются элементарными. Проблемы P_1 и P_3 решаются с помощью манипуляций только с дисками В и А и являются более простыми, чем P_0 . Проблемы P_1 и P_3 решаются, а проблема P_0 сводится к P_1 , P_2 и P_3 аналогичной манипуляцией с дисками, синтаксис которой выражен оператором γ , а семантика - отображением Ψ .

Представление этой головоломки в виде PR-проблемы (рис.2) является более компактным и наглядным, чем представление в виде SS-проблемы (рис.1), а представление в виде I-проблемы (рис..3) сочетает достоинство обоих и показывает взаимосвязь подпроблем и тех действий, которые нужно выполнить, чтобы решить головоломку.

Приведенные определения обобщаются на нечеткий случай, когда состояние системы, для которой строится модель решения проблемы, не является точно заданным, а результаты действий системы

неоднозначны.

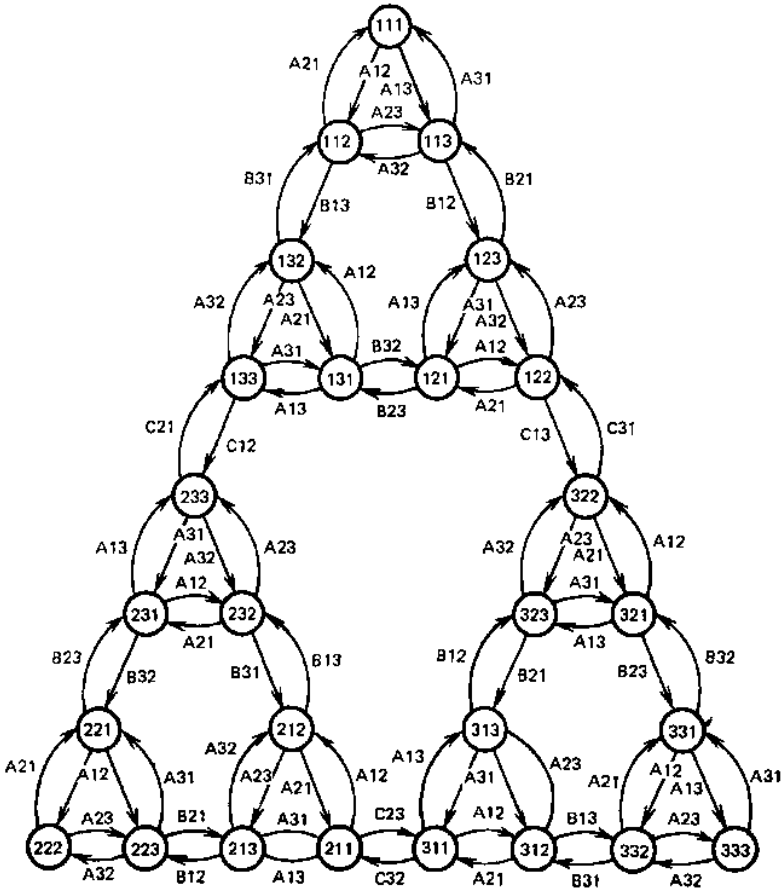


Рис. 7.1

Например, у робототехнической системы это может быть связано с несовершенством эф-факторов и рецепторов, с ограниченными размерами внутренней модели, не отражающей сложности окружающего мира.

Нечеткой SS-проблемой назовем SS-проблему, у которой i, f -нечеткие множества, операторы $\gamma \in \varphi$ -нечеткие матрицы, α -решением нечеткой SS-проблемы называется путь $g = g_1 \dots g_n, g_i \in G, i = 1, \dots, n$, такой, что $iOg_1O \dots O g_n O f? \alpha$, где O - максимальное произведение нечетких матриц.

Нечеткой PR-проблемой называется PR-проблема, у которой элементам $\gamma \in \wp$ приписывается степень принадлежности $\mu_\gamma(\pi) \in [0,1]$, α -решением нечеткой PR-проблемы называется решение PR-проблемы, для которой $\min \mu_{\gamma_i} \geq \alpha, \gamma_i \in \omega_i$.

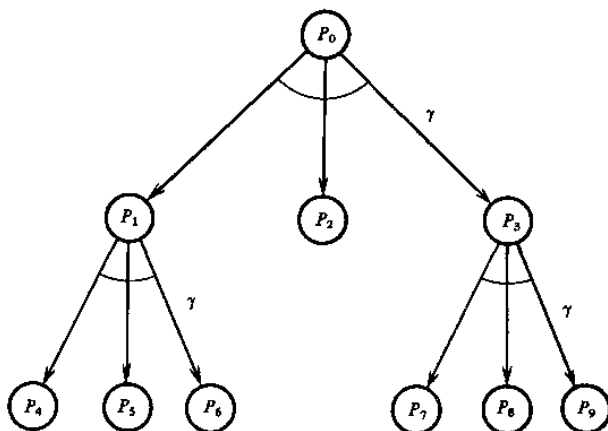


Рис. 7.2

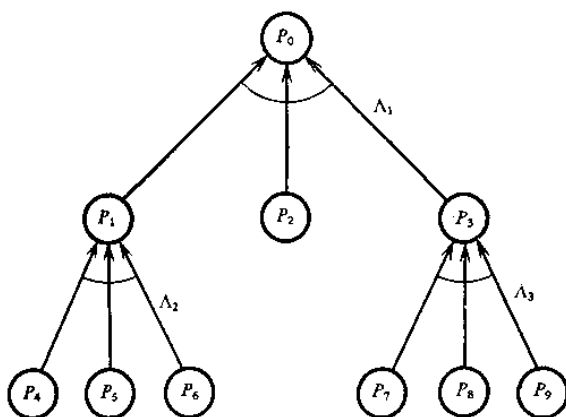


Рис. 7.3

Накрывающий путь в этом случае называется накрывающим α -путем. Степень принадлежности $\mu_\gamma(\pi)$ интерпретируется как степень возможности разбиения проблемы на подпроблемы.

Нечеткой импликативной схемой называется импликативная схема, все отображения Ψ которой имеют степень принадлежности $\mu \Psi ((\pi) \in [0,1])$. Степень принадлежности интерпретируется как возможность получения решения проблемы из решений соответствующих подпроблем. *Нечеткой импликативной сетью* называется импликативная сеть с нечеткими импликативными схемами. Нечеткая PR-проблема представляет нечеткую импликативную сеть, если кроме обычных условий для импликативной сети выполняется неравенство $\mu \Psi (\pi) \geq \mu \gamma (\pi) \geq \alpha$,

т. е. возможность разбиения на подпроблемы не меньше возможности получения решения для каждой пары соответствующих Ψ и γ .

Аналогично определяется нечеткая I-проблема. Но построить α -решение нечеткой PR-проблемы по α -решениям ее нечетких подпроблем можно лишь в частных случаях и при наложении дополнительных условий. Пусть задана нечеткая PR-проблема, где Σ -нечеткие SS-проблемы, и существует простейшее α -решение Z , т.е. такое $\pi \in \Sigma^+$, что $\mu \gamma_p \geq \alpha$, и если $\pi = P_1 \dots P_n$, то все проблемы P_i α -разрешимы,

где $P_i = (S_i, G_i, J_i, F_i)$. α -решение проблемы P_0 существует при $\mu \Psi (\pi) \geq \mu \gamma (\pi) \geq \alpha$ для импликативной сети. Запишем более конструктивное условие для этого. Пусть для всех i оператор g_i есть α -путь решения проблемы P_i и $F_i = J_{i+1}$. Тогда, если выполняется $\max \mu [F_n \cap (F_{n-1} \cap (\dots F_1 \cap (J_0 \cap g_1) \cap g_2) \dots) \cap g_n)] \geq \alpha$ и $g = g_1 \dots g_n$, то g - α -решение SS-проблемы P_0 .

10.3. Особенности планирования целенаправленных действий

Дальнейшее развитие теории планирования было связано с построением "человеческих" моделей целенаправленной деятельности. Если представить человеческие рассуждения, связанные с планированием, как некоторую целенаправленную деятельность по решению интеллектуальных задач, то в модели планирования прежде всего необходимо учесть основные особенности человеческих рассуждений.

Пусть задан некоторый предметный мир, в котором действие ИС состоит в достижении целевых ситуаций s_k из некоторых исходных ситуаций s_n с помощью планов действий; $V = b_{i1} \dots b_{in}$, где b_i - исполнительный модуль из данного набора B_0 . Задать ситуацию s в таком мире - это значит указать свойства $s_i \in S$ предметов $a_k \in A_0$ и отношения между ними $r_p \in R_0$, которые имели, имеют или будут иметь место в момент t . Модель предметного мира для такого действия ИС можно представить в виде $M_0 = \langle A_0, B_0, C_0, R_0 \rangle$, а задачу планирования действий в мире M_0 следующим образом: заданы исходная s_n и целевая s_k ситуации, необходимо построить из исполнительных модулей $b_i \in B_0$ план действий V , который, будучи примененным к S_n , позволяет достичь S_k .

Перед человеком при решении этой задачи обычно возникают две проблемы. Во-первых, он, как правило, плохо представляет конкретную s_k , удаленную в будущее. Поэтому его устраивает достижение не конкретной, а любой ситуации из класса s_k , удовлетворяющей определенным требованиям. Во-вторых, если даже он представляет s_k , то и тогда поиск плана действий затруднен из-за большой размерности пространства поиска. Итак, ИС необходимы более общие по отношению к M_0 модели миров.

Среди задач выделим класс элементарных. Остальные будем считать сложными, а их решения представлять в виде частично упорядоченной совокупности элементарных задач. Если решения различных сложных задач в каком-то смысле схожи, то они обобщаются. Так возникают обобщенные описания задач определенного типа.

Из решений элементарных задач ИС выстраивает решения сложных исходных задач. Однако найти таким образом решение сразу ей обычно не удастся. Поэтому для перехода от исходных задач к элементарным используются типовые задачи. Вначале для заданной исходной задачи определяется смысловая структура ее исходных данных, т. е. ставится стратегическая задача и формируется ее гипотеза решения. Далее каждая типовая задача гипотезы декомпозируется, что приводит к постановке и решению тактических задач и, следовательно, к решению исходной задачи.

Наличие в базе знаний типовых и элементарных задач свидетельствует об иерархической структуре не только базы знаний, но и процедур поиска, при этом типовые задачи могут быть условно отнесены к

стратегическому, а элементарные - к тактическому уровню поиска. Смысловые структуры требуемых результатов и исходных данных типовых задач обычно выявляются в результате осмысливания требуемых результатов или исходных данных тактических задач и недоступны непосредственному чувственному восприятию. Таким образом, на стратегическом уровне каждая тактическая ситуация (исходные данные или требуемый результат) оценивается по наличию в ней знакомых смысловых структур. Например, в шахматной игре смысловые структуры выражаются понятием "развитая позиция", "открытая позиция" и т. д. На тактическом уровне решаются спроецированные со стратегического уровня путем декомпозиции типовых задач тактические задачи, например образование проходной пешки в шахматной игре.

Итак, основу рассуждений ИС по планированию действий составляют структурированные знания и направленный эвристический поиск.

Пусть C_1 - множество, получаемое огрублением свойств $s \in C_0$, B_1 - множество элементарных задач, получаемое переименованием исполнительных модулей $b_i \in B_0$, $A_1 \in A$ и $R_1 \in R_0$. Тогда модель мира тактических задач можно представить в виде $M_0 = \langle A_1, B_1, C_1, R_1 \rangle$, постановку тактической задачи p -

в виде пары $\langle s_n, s_k \rangle$, а ее решение - в виде совокупности $V = B_1, \dots, B_{in}$. Очевидно, благодаря указанному огрублению в мире M_1 становятся неразличимыми отдельные состояния предметов и исполнительных модулей. Однако подобное упрощение, вызываемое "грубостью" органов чувств ИС, еще не позволяет значительно снизить размерность пространства поиска решений V , поэтому необходимо дальнейшее обобщение M_1 уже на понятийном уровне.

В мире M_1 тактические ситуации s описываются, как и ситуации s в мире M_0 , через свойства объектов и отношения между ними. Однако такие описания не носят целостного характера, так как не содержат в явном виде смысловых структур. Выявление таких обобщенных структур, а также формирование соответствующих им тактических ситуаций s осуществляются на основе понятий, которыми располагает ИС, и означают осмысливание ею сложившихся или целевых ситуаций s с точки зрения этих понятий, используемых в этом случае как программы-тесты. Таким образом, в мире M_2 указанные ситуации s представляются в виде укрупненных предметов $a_k \in A_2$, свойства

которых $c_1 \in C_2$ и отношения $g_2 \in R_2$ между которыми, как и сами укрупненные предметы, определяются понятиями-тестами. Аналогично обстоят дела и с решениями V в мире M_1 . Целостное описание V означает описание этих решений именно как типовых задач. Таким образом, в мире M_2 имеют место типовые задачи $b_i \in B_2$.

10.4. Оценки сложности задачи планирования

Приведем ряд результатов, касающихся сложности решения задач планирования.

1. Анализ вычислительных задач оказывается PSPACE-полной проблемой даже при условии, что "пустых" величин Ω нет .
2. Для вычислительных моделей без функциональных величин, т. е. с пустыми D_b и F , проблема анализа вычислительных задач оказывается:
 - а) PSPACE-полной для H , содержащих функциональные и операторные зависимости без Ω ; б) NP-полной для H , содержащих только функциональные и вариантные зависимости без "пустой" величины Ω ; в) полиномиальной (по времени работы планировщика) для H , содержащих только функциональные и неявные зависимости; г) можно построить планировщики с линейным временем работы для H только с функциональными зависимостями без Ω и для H с функциональными и неявными зависимостями .

В системе ПГИЗ D_b и F пусты, а в H имеются только функциональные и операторные зависимости без "пустой" величины Ω . В системе автоматического синтеза программ СПОРА используется исчисление предикатов, для которого разработана специальная стратегия вывода .

Дерево анализа для вычислительной задачи - это дерево из формул используемого исчисления, в корне которого находится формула, представляющая исходную задачу, каждая нетерминальная вершина

дерева может быть получена по одному из правил вывода "исчисления вычислительных задач" из формул, расположенных в дереве непосредственно ниже, а терминальные (висячие) вершины не являются заключением ни одного из правил вывода "исчисления вычислительных задач".

Планировщик в таком исчислении работает следующим образом: для заданной задачи конструируется какое-нибудь дерево анализа. Если все его висячие вершины являются аксиомами, то по этому дереву "собирается" программа. В противном случае формируется обоснование того, что задача неразрешима. Отсутствие детерминизма при логическом выводе в исчислениях стандартного типа приводит к экспоненциальному перебору возможных ветвей. Обнаружение при таком переборе тупика оказывается бесполезным (или почти бесполезным) для поиска на других ветвях дерева вывода. В "исчислении вычислительных задач" для полного решения задачи планировщику достаточно располагать каким-нибудь деревом анализа. При разумной стратегии построения деревьев анализа это позволяет получать сравнительно быстрые процедуры планирования .

В общем случае планировщику приходится решать PSPACE-полную задачу. Это означает, что все известные сейчас планировщики на почти всех вычислительных задачах работают экспоненциальное время. В реальности ситуация не столь плоха. Практически интересные задачи, как правило, допускают эффективное планирование. И хотя доля подобных задач с ростом параметров, определяющих их, стремится к нулю, именно они представляют интерес с точки зрения эффективности автоматического синтеза программ. Показателем практически интересных задач может служить степень взаимодействия подзадач в процессе решения исходной задачи . Понятия "подзадача" и "условия подзадачи" возникают уже на стадии наивной интерпретации следующих зависимостей.

Функциональной зависимости ($F \rightarrow Y_1$), где F -функциональная величина типа ($X \rightarrow Y$), предполагающей предварительный синтез процедуры вычисления F , входными параметрами которой являются величины из списка X .

Операторных зависимостей, предполагающих синтез m процедур с входами "условиями подзадач" X_1, X_2, \dots, X_n -

Вариантных зависимостей, предполагающих, что создаются две ветви вычислений: для первой известны значения всех величин из списка Y_1 , для второй - из списка Y_2 .

Рассмотрим простой (но типичный) пример. Пусть имеют место функциональная зависимость $D_1: (A, B, CPE)$ и операторные зависимости $D_2: ((CPE) PE_1)$, $D_3: ((BPE_1)PE_2)$, $D_4: ((APE_2) PE_3)$. Необходимо найти E_3 . Для этого следует решить подзадачу (APE_2) . Если воспользоваться зависимостью D_3 , то придем к поиску решения новой подзадачи (BPE_1) . Если использовать зависимость D_2 , то придем к необходимости решения подзадачи (CPE) , которая согласно D_1 разрешима только тогда, когда A и B известны. Степень взаимодействия подзадач в этом примере равна трем. Процесс является типичной схемой планирования в пространстве задач.

Для планировщиков, работающих в "исчислении вычислительных задач", синтез решения вычислительной задачи происходит за время $hq^l/r!$, где h - константа, l -длина записи задачи, определяемая как суммарное число вхождений имен используемых величин в F и H , q -общее число "различных" аргументов величин из "условия подзадач" в операторных зависимостях из H и "условий вариантов" в вариантных зависимостях из H , r -минимальная степень взаимодействия подзадач в исходной задаче. Эта оценка носит квазиоптимальный характер. Планировщик работает долго только на тех задачах, которые не являются естественными, так как требуют предельного переплетения между собой всех подзадач, на которые разбивается исходная задача. Эксперименты показывают, что для задач, встречающихся на практике, время работы планировщика является полиномиальным. Память, необходимая для работы планировщика в "исчислении вычислительных задач", оценивается величиной bl^2 , где b - константа. Если в H нет вариантных зависимостей, то требуется линейный объем памяти dl , где d -константа.

В известных сейчас планировщиках получаемые программы далеки от оптимальных. Наблюдается тенденция ухудшения качества программ при уменьшении времени работы планировщика. При этом синтезировать оптимальные последовательные программы труднее, чем оптимальные параллельные программы. Это обстоятельство в связи с развитием ЭВМ новой архитектуры, ориентированной на параллельные процессы, может оказаться выгодным. Например, задача поиска минимальных по времени последовательного исполнения

программ для решения вычислительных задач, у которых D_b пусто, а H состоит только из функциональных зависимостей Ω , оказывается NP-полной в сильном смысле. С другой стороны, в "исчислении вычислительных задач" при условии, что D_b пусто, а H состоит из функциональных и неявных зависимостей, можно за линейное время kl (k - константа) синтезировать программу, параллельное выполнение которой требует минимального для данной задачи времени.

В системе ПРИЗ и ее модификациях вычислительная задача считается разрешимой, если соответствующая ей формула выводима в позитивном фрагменте интуиционистского исчисления высказываний, т. е. в том и только том случае, когда достигается успех планировщиком системы ПРИЗ. Для "исчисления вычислительных задач" возможны две семантики для разрешимости.

Предельно неконструктивная; вычислительная задача считается разрешимой, если в любой базе данных (любой интерпретации), удовлетворяющей всем ограничениям вычислительной модели, имеет место некоторая функция типа (XPY) ;

предельно конструктивная: обобщенная стандартная схема программы считается решением вычислительной задачи, если в любой интерпретации, удовлетворяющей всем ограничениям вычислительной модели, имеет место функция типа (XPY) , вычисляемая программой P , получающейся из обобщенной стандартной схемы программы соответствующей конкретизацией предикатных и функциональных символов.

"Исчисление вычислительных задач" корректно и полно относительно обеих семантик. При первой семантике планировщик всегда выдает решение исходной задачи в виде правильной программы, при второй - класс всех пропозициональных формул, описывающих разрешимые вычислительные задачи, совпадает с классом всех формул, выводимых в интуиционистском исчислении высказываний. Это показывает, что "исчисление вычислительных задач" можно рассматривать как один из вариантов формализации предложенной в интерпретации интуиционистской логики как логики "задач".

Во многих ИС используются планировщики, возможности которых существенно шире, чем у планировщика системы ПРИЗ, или того, который применяется в "исчислении вычислительных задач".

Исчисления, с которыми имеют дело многие планировщики систем автоматизированного проектирования, планирования и управления, шире интуиционистских исчислений высказываний. При этом используются эвристические соображения, не имеющие аналогов в тех соотношениях, в которых описывались вычислительные модели. Примером может служить планировщик системы MABP, предназначенной для ИС автоматизированного проектирования. При его работе возникают ситуации, не разрешимые в теории, которая описывалась выше. Такие случаи заставляют искать иные пути построения системы для поиска планов действий.

Литература

1. Аверкин А.Н. и др. .Обобщенные стратегии в решателях проблем.
2. Диковский А.Я. , Канович М.И. . Вычислительные модели с разделяемыми подзадачами.
3. Ефимов Е.И. Решатели интеллектуальных задач.
4. Эрлих А.И. . Диалоговая система моделирования альтернатив и выбора решений в проектировании / Представление знаний в человеко-машинных и робото-технических системах.
5. Файкс Р, Нильсон Н. . Система STRIPS - новый подход к применению доказательства при решении задач // Интегральные роботы.
6. Ньюэлл А. Эмпирические исследования машин "Логик-теоретик": пример изучения эвристики.

11. Экспертные системы

1. Назначение экспертных систем
2. Структура экспертных систем
3. Этапы разработки экспертных систем
4. Интерфейс с конечным пользователем
5. Представление знаний в ЭС
6. Уровни представления и уровни детальности

7. Организация знаний в рабочей системе
8. Организация знаний в базе данных
9. Методы поиска решений в экспертных системах
10. Инструментальный комплекс для создания статических экспертных систем (на примере интегрированного комплекса ЭКО)
11. Средства представления знаний и стратегии управления
12. Инструментальный комплекс для создания экспертных систем реального времени (на примере интегрированной среды g2-gensym corp., США)

11.1. Назначение экспертных систем

В начале восьмидесятых годов XX в. в исследованиях по искусственному интеллекту сформировалось самостоятельное направление, получившее название "экспертные системы" (ЭС). Цель исследований по ЭС состоит в разработке программ, которые при решении задач, трудных для эксперта-человека, получают результаты, не уступающие по качеству и эффективности решениям, получаемым экспертом. Исследователи в области ЭС для названия своей дисциплины часто используют также термин "инженерия знаний", введенный Е.Фейгенбаумом как "привнесение принципов и инструментария исследований из области искусственного интеллекта в решение трудных прикладных проблем, требующих знаний экспертов".

Программные средства (ПС), базирующиеся на технологии экспертных систем, или инженерии знаний (в дальнейшем будем использовать их как синонимы), получили значительное распространение в мире. Важность экспертных систем состоит в следующем:

- технология экспертных систем существенно расширяет круг практически значимых задач, решаемых на компьютерах,

решение которых приносит значительный экономический эффект;

- технология ЭС является важнейшим средством в решении глобальных проблем традиционного программирования: длительность и, следовательно, высокая стоимость разработки сложных приложений;
- высокая стоимость сопровождения сложных систем, которая часто в несколько раз превосходит стоимость их разработки; низкий уровень повторной используемости программ и т.п.;
- объединение технологии ЭС с технологией традиционного программирования добавляет новые качества к программным продуктам за счет: обеспечения динамичной модификации приложений пользователем, а не программистом; большей "прозрачности" приложения (например, знания хранятся на ограниченном ЕЯ, что не требует комментариев к знаниям, упрощает обучение и сопровождение); лучшей графики; интерфейса и взаимодействия.

По мнению ведущих специалистов ЭС найдут следующее применение:

- ЭС будут играть ведущую роль во всех фазах проектирования, разработки, производства, распределения, продажи, поддержки и оказания услуг;
- технология ЭС, получившая коммерческое распространение, обеспечит революционный прорыв в интеграции приложений из готовых интеллектуально-взаимодействующих модулей.

ЭС предназначены для так называемых неформализованных задач, т.е. ЭС не отвергают и не заменяют традиционного подхода к разработке программ, ориентированного на решение формализованных задач.

Неформализованные задачи обычно обладают следующими особенностями:

- ошибочностью, неоднозначностью, неполнотой и противоречивостью исходных данных;
- ошибочностью, неоднозначностью, неполнотой и противоречивостью знаний о проблемной области и решаемой задаче;

- большой размерностью пространства решения, т.е. перебор при поиске решения весьма велик;
- динамически изменяющимися данными и знаниями.

Следует подчеркнуть, что неформализованные задачи представляют большой и очень важный класс задач. Многие специалисты считают, что эти задачи являются наиболее массовым классом задач, решаемых ЭВМ.

Экспертные системы и системы искусственного интеллекта отличаются от систем обработки данных тем, что в них в основном используются символьный (а не числовой) способ представления, символьный вывод и эвристический поиск решения (а не исполнение известного алгоритма).

Экспертные системы применяются для решения только трудных практических (не игрушечных) задач. По качеству и эффективности решения экспертные системы не уступают решениям эксперта-человека. Решения экспертных систем обладают "прозрачностью", т.е. могут быть объяснены пользователю на качественном уровне. Это качество экспертных систем обеспечивается их способностью рассуждать о своих знаниях и умозаключениях. Экспертные системы способны пополнять свои знания в ходе взаимодействия с экспертом.

Необходимо отметить, что в настоящее время технология экспертных систем используется для решения различных типов задач (интерпретация, предсказание, диагностика, планирование, конструирование, контроль, отладка, инструктаж, управление) в самых разнообразных проблемных областях, таких, как финансы, нефтяная и газовая промышленность, энергетика, транспорт, фармацевтическое производство, космос, металлургия, горное дело, химия, образование, целлюлозно-бумажная промышленность, телекоммуникации и связь и др.

Коммерческие успехи к фирмам-разработчикам систем искусственного интеллекта (СИИ) пришли не сразу. На протяжении 1960 - 1985 гг. успехи ИИ касались в основном исследовательских разработок, которые демонстрировали пригодность СИИ для практического использования. Начиная примерно с 1985 г. (в массовом масштабе с 1988 - 1990 гг.), в первую очередь ЭС, а в последние годы системы, воспринимающие естественный язык (ЕЯ-системы), и **нейронные сети (НС)** стали активно использоваться в коммерческих приложениях.

Следует обратить внимание на то, что некоторые специалисты (как правило, специалисты в программировании, а не в ИИ) продолжают утверждать, что ЭС и СИИ не оправдали возлагавшихся на них ожиданий и умерли. Причины таких заблуждений состоят в том, что эти авторы рассматривали ЭС как альтернативу традиционному программированию, т.е. они исходили из того, что ЭС в одиночестве (в изоляции от других программных средств) полностью решают задачи, стоящие перед заказчиком. Надо отметить, что на заре появления ЭС специфика используемых в них языков, технологии разработки приложений и используемого оборудования (например, Lisp-машины) давала основания предполагать, что интеграция ЭС с традиционными, программными системами является сложной и, возможно, невыполнимой задачей при ограничениях, накладываемых реальными условиями. Однако в настоящее время коммерческие инструментальные средства (ИС) для создания ЭС разрабатываются в полном соответствии с современными технологическими тенденциями традиционного программирования, что снимает проблемы, возникающие при создании интегрированных приложений.

Причины, приведшие СИИ к коммерческому успеху, следующие.

Интегрированность. Разработаны инструментальные средства искусственного интеллекта (ИС ИИ), легко интегрирующиеся с другими информационными технологиями и средствами (с CASE, СУБД, контроллерами, концентраторами данных и т.п.).

Открытость и переносимость. ИС ИИ разрабатываются с соблюдением стандартов, обеспечивающих открытость и переносимость [14].

Использование языков традиционного программирования и рабочих станций. Переход от ИС ИИ, реализованных на языках ИИ (Lisp, Prolog и т.п.), к ИС ИИ, реализованным на языках традиционного программирования (C, C++ и т.п.), упростил обеспечение интегрированности, снизил требования приложений ИИ к быстродействию ЭВМ и объемам оперативной памяти. Использование рабочих станций (вместо ПК) резко увеличило круг приложений, которые могут быть выполнены на ЭВМ с использованием ИС ИИ.

Архитектура клиент-сервер. Разработаны ИС ИИ, поддерживающие распределенные вычисления по архитектуре клиент-сервер, что

позволило: снизить стоимость оборудования, используемого в приложениях, децентрализовать приложения, повысить надежность и общую производительность (так как сокращается количество информации, пересылаемой между ЭВМ, и каждый модуль приложения выполняется на адекватном ему оборудовании).

Проблемно/предметно-ориентированные ИС ИИ. Переход от разработок ИС ИИ общего назначения (хотя они не утратили свое значение как средство для создания ориентированных ИС) к проблемно/предметно-ориентированным ИС ИИ [9] обеспечивает: сокращение сроков разработки приложений; увеличение эффективности использования ИС; упрощение и ускорение работы эксперта; повторную используемость информационного и программного обеспечения (объекты, классы, правила, процедуры).

11.2. Структура экспертных систем

Типичная статическая ЭС состоит из следующих основных компонентов (рис. 1.):

- решателя (интерпретатора);
- рабочей памяти (РП), называемой также базой данных (БД);
- базы знаний (БЗ);
- компонентов приобретения знаний;
- объяснительного компонента;
- диалогового компонента.

База данных (рабочая память) предназначена для хранения исходных и промежуточных данных решаемой в текущий момент задачи. Этот термин совпадает по названию, но не по смыслу с термином, используемым в информационно-поисковых системах (ИПС) и системах управления базами данных (СУБД) для обозначения всех данных (в первую очередь долгосрочных), хранимых в системе.

База знаний (БЗ) в ЭС предназначена для хранения долгосрочных данных, описывающих рассматриваемую область (а не текущих данных), и правил, описывающих целесообразные преобразования данных этой области.

Решатель, используя исходные данные из рабочей памяти и знания из БЗ, формирует такую последовательность правил, которые, будучи примененными к исходным данным, приводят к решению задачи.

Компонент приобретения знаний автоматизирует процесс наполнения ЭС знаниями, осуществляемый пользователем-экспертом.

Объяснительный компонент объясняет, как система получила решение задачи (или почему она не получила решение) и какие знания она при этом использовала, что облегчает эксперту тестирование системы и повышает доверие пользователя к полученному результату.

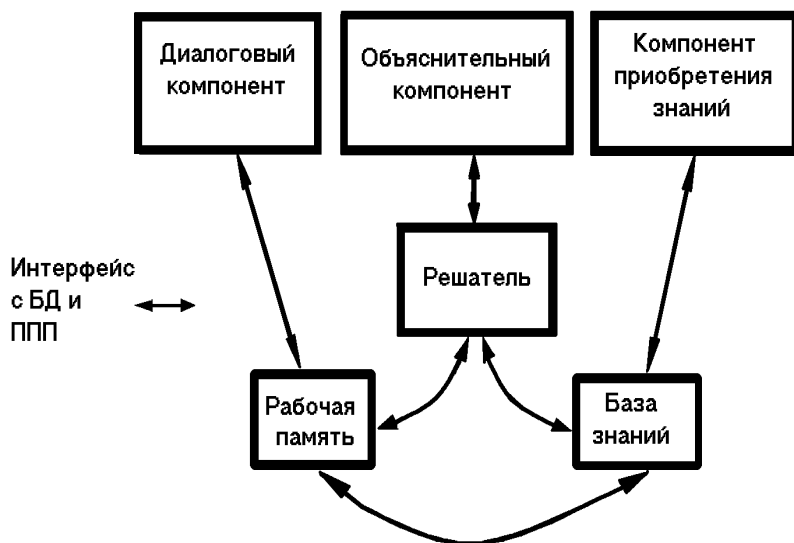


Рис.1. Структура статической ЭС.

Диалоговый компонент ориентирован на организацию дружественного общения с пользователем как в ходе решения задач, так и в процессе приобретения знаний и объяснения результатов работы.

В разработке ЭС участвуют представители следующих специальностей:

эксперт в проблемной области, задачи которой будут решать ЭС;

инженер по знаниям - специалист по разработке ЭС (используемые им технологию, методы называют технологией (методами) инженерии знаний);

программист по разработке инструментальных средств (ИС), предназначенных для ускорения разработки ЭС.

Необходимо отметить, что отсутствие среди участников разработки инженеров по знаниям (т. е. их замена программистами) либо приводит к неудаче процесс создания ЭС, либо значительно удлинит его.

Эксперт определяет знания (данные и правила), характеризующие проблемную область, обеспечивает полноту и правильность введенных в ЭС знаний.

Инженер по знаниям помогает эксперту выявить и структурировать знания, необходимые для работы ЭС; осуществляет выбор того ИС, которое наиболее подходит для данной проблемной области, и определяет способ представления знаний в этом ИС; выделяет и программирует (традиционными средствами) стандартные функции (типичные для данной проблемной области), которые будут использоваться в правилах, вводимых экспертом.

Программист разрабатывает ИС (если ИС разрабатывается заново), содержащее в пределе все основные компоненты ЭС, и осуществляет его сопряжение с той средой, в которой оно будет использовано.

Экспертная система работает в двух режимах: режиме приобретения знаний и в режиме решения задачи (называемом также режимом консультации или режимом использования ЭС).

В режиме приобретения знаний общение с ЭС осуществляет (через посредничество инженера по знаниям) эксперт. В этом режиме эксперт, используя компонент приобретения знаний, наполняет систему знаниями, которые позволяют ЭС в режиме решения

самостоятельно (без эксперта) решать задачи из проблемной области. Эксперт описывает проблемную область в виде совокупности данных и правил. Данные определяют объекты, их характеристики и значения, существующие в области экспертизы. Правила определяют способы манипулирования с данными, характерные для рассматриваемой области.

Отметим, что режиму приобретения знаний в традиционном подходе к разработке программ соответствуют этапы алгоритмизации, программирования и отладки, выполняемые программистом. Таким образом, в отличие от традиционного подхода в случае ЭС разработку программ осуществляет не программист, а эксперт (с помощью ЭС), не владеющий программированием.

В режиме консультации общение с ЭС осуществляет конечный пользователь, которого интересует результат и (или) способ его получения. Необходимо отметить, что в зависимости от назначения ЭС пользователь может не быть специалистом в данной проблемной области (в этом случае он обращается к ЭС за результатом, не умея получить его сам), или быть специалистом (в этом случае пользователь может сам получить результат, но он обращается к ЭС с целью либо ускорить процесс получения результата, либо возложить на ЭС рутинную работу). В режиме консультации данные о задаче пользователя после обработки их диалоговым компонентом поступают в рабочую память. Решатель на основе входных данных из рабочей памяти, общих данных о проблемной области и правил из БЗ формирует решение задачи. ЭС при решении задачи не только исполняет предписанную последовательность операции, но и предварительно формирует ее. Если реакция системы не понятна пользователю, то он может потребовать объяснения:

"Почему система задает тот или иной вопрос?", "как ответ, собираемый системой, получен?".

Структуру, приведенную на рис. 1.1, **называют структурой статической ЭС**. ЭС данного типа используются в тех приложениях, где можно не учитывать изменения окружающего мира, происходящие за время решения задачи. Первые ЭС, получившие практическое использование, были статическими.

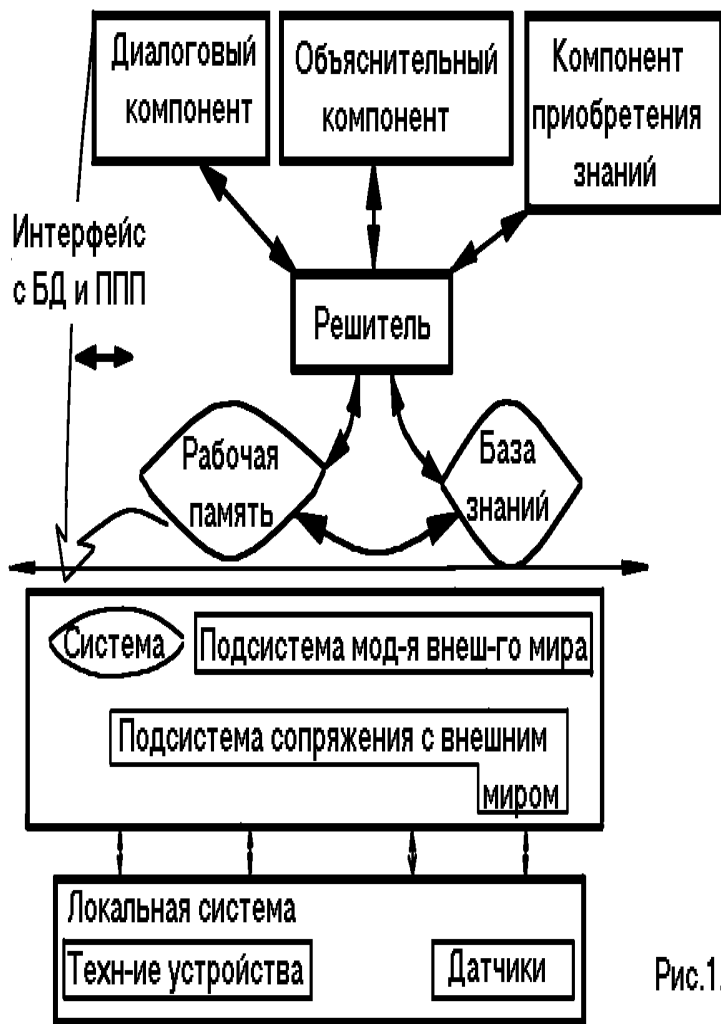


Рис.1.2.

На рис. 1.2 показано, что в архитектуру динамической ЭС по сравнению со статической ЭС вводятся два компонента: подсистема моделирования внешнего мира и подсистема связи с внешним окружением. Последняя осуществляет связи с внешним миром через систему датчиков и контроллеров. Кроме того, традиционные компоненты статической ЭС (база знаний и машина вывода)

претерпевают существенные изменения, чтобы отразить временную логику происходящих в реальном мире событий.

Подчеркнем, что структура ЭС, представленная на рис. 1.1 и 1.2, отражает только компоненты (функции), и многое остается "за кадром". На рис. 1.3 приведена обобщенная структура современного ИС для создания динамических ЭС, содержащая кроме основных компонентов те возможности, которые позволяют создавать интегрированные приложения в соответствии с современной технологией программирования.

11.3. Этапы разработки экспертных систем

Разработка ЭС имеет существенные отличия от разработки обычного программного продукта. Опыт создания ЭС показал, что использование при их разработке методологии, принятой в традиционном программировании, либо чрезмерно затягивает процесс создания ЭС, либо вообще приводит к отрицательному результату.

Использовать ЭС следует только тогда, когда разработка ЭС *возможна, оправдана и* методы инженерии знаний *соответствуют* решаемой задаче. Чтобы разработка ЭС была *возможной* для данного приложения, необходимо одновременное выполнение по крайней мере следующих требований:

- существуют эксперты в данной области, которые решают задачу значительно лучше, чем начинающие специалисты;
- эксперты сходятся в оценке предлагаемого решения, иначе нельзя будет оценить качество разработанной ЭС;
- эксперты способны вербализовать (выразить на естественном языке) и объяснить используемые ими методы, в противном случае трудно рассчитывать на то, что знания экспертов будут "извлечены" и вложены в ЭС;
- решение задачи требует только рассуждений, а не действий;

- задача не должна быть слишком трудной (т.е. ее решение должно занимать у эксперта несколько часов или дней, а не недель);
- задача хотя и не должна быть выражена в формальном виде, но все же должна относиться к достаточно "понятной" и структурированной области, т.е. должны быть выделены основные понятия, отношения и известные (хотя бы эксперту) способы получения решения задачи;
- решение задачи не должно в значительной степени использовать "здравый смысл" (т.е. широкий спектр общих сведений о мире и о способе его функционирования, которые знает и умеет использовать любой нормальный человек), так как подобные знания пока не удастся (в достаточном количестве) вложить в системы искусственного интеллекта.

Использование ЭС в данном приложении может быть возможно, но не оправдано. Применение ЭС может быть *оправдано* одним из следующих факторов:

- решение задачи принесет значительный эффект, например экономический;
- использование человека-эксперта невозможно либо из-за недостаточного количества экспертов, либо из-за необходимости выполнять экспертизу одновременно в различных местах;
- использование ЭС целесообразно в тех случаях, когда при передаче информации эксперту происходит недопустимая потеря времени или информации;
- использование ЭС целесообразно при необходимости решать задачу в окружении, враждебном для человека.

Приложение *соответствует* методам ЭС, если решаемая задача обладает совокупностью следующих характеристик:

1. задача может быть естественным образом решена посредством манипуляции с символами (т.е. с помощью символических рассуждений), а не манипуляций с числами, как принято в математических методах и в традиционном программировании;
2. задача должна иметь эвристическую, а не алгоритмическую природу, т.е. ее решение должно требовать применения

- эвристических правил. Задачи, которые могут быть гарантированно решены (с соблюдением заданных ограничений) с помощью некоторых формальных процедур, не подходят для применения ЭС;
3. задача должна быть достаточно сложна, чтобы оправдать затраты на разработку ЭС. Однако она не должна быть чрезмерно сложной (решение занимает у эксперта часы, а не недели), чтобы ЭС могла ее решать;
 4. задача должна быть достаточно узкой, чтобы решаться методами ЭС, и практически значимой.

При разработке ЭС, как правило, используется концепция "быстрого прототипа". Суть этой концепции состоит в том, что разработчики не пытаются сразу построить конечный продукт. На начальном этапе они создают прототип (прототипы) ЭС. Прототипы должны удовлетворять двум противоречивым требованиям: с одной стороны, они должны решать типичные задачи конкретного приложения, а с другой - время и трудоемкость их разработки должны быть весьма незначительны, чтобы можно было максимально запараллелить процесс накопления и отладки знаний (осуществляемый экспертом) с процессом выбора (разработки) программных средств (осуществляемый инженером по знаниям и программистом). Для удовлетворения указанным требованиям, как правило, при создании прототипа используются разнообразные средства, ускоряющие процесс проектирования.

Прототип должен продемонстрировать пригодность методов инженерии знаний для данного приложения. В случае успеха эксперт с помощью инженера по знаниям расширяет знания прототипа о проблемной области. При неудаче может потребоваться разработка нового прототипа или разработчики могут прийти к выводу о непригодности методов ЭС для данного приложения. По мере увеличения знаний прототип может достигнуть такого состояния, когда он успешно решает все задачи данного приложения. Преобразование прототипа ЭС в конечный продукт обычно приводит к перепрограммированию ЭС на языках низкого уровня, обеспечивающих как увеличение быстродействия ЭС, так и уменьшение требуемой памяти. Трудоемкость и время создания ЭС в значительной степени зависят от типа используемого инструментария.

В ходе работ по созданию ЭС сложилась определенная технология их разработки, включающая шесть следующих этапов (рис. 1.4):

идентификацию, концептуализацию, формализацию, выполнение, тестирование, опытную эксплуатацию. На этапе *идентификации* определяются задачи, которые подлежат решению, выявляются цели разработки, определяются эксперты и типы пользователей.

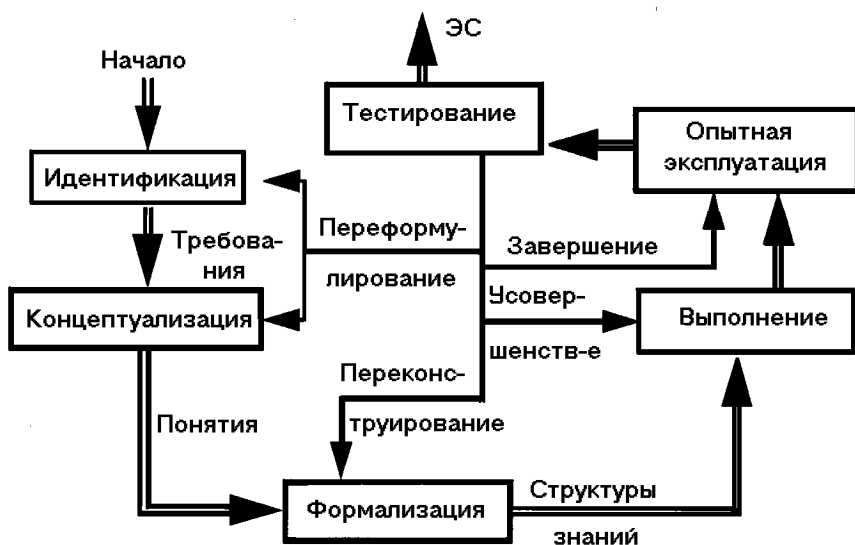


Рис.1.4. Технология разраб-ки ЭС.

На этапе *концептуализации* проводится содержательный анализ проблемной области, выявляются используемые понятия и их взаимосвязи, определяются методы решения задач.

На этапе *формализации* выбираются ИС и определяются способы представления всех видов знаний, формализуются основные понятия, определяются способы интерпретации знаний, моделируется работа системы, оценивается адекватность целям системы зафиксированных понятий, методов решений, средств представления и манипулирования знаниями.

На этапе *выполнения* осуществляется наполнение экспертом базы знаний. В связи с тем, что основой ЭС являются знания, данный этап

является наиболее важным и наиболее трудоемким этапом разработки ЭС. Процесс приобретения знаний разделяют на извлечение знаний из эксперта, организацию знаний, обеспечивающую эффективную работу системы, и представление знаний в виде, понятном ЭС. Процесс приобретения знаний осуществляется инженером по знаниям на основе анализа деятельности эксперта по решению реальных задач.

11.4. Интерфейс с конечным пользователем

Система G2 предоставляет разработчику богатые возможности для формирования простого, ясного и выразительного графического интерфейса с пользователем с элементами мультипликации. Предлагаемый инструментарий позволяет наглядно отображать технологические процессы практически неограниченной сложности на разных уровнях абстракции и детализации. Кроме того, графическое отображение взаимосвязей между объектами приложения может напрямую использоваться в декларативных конструкциях языка описания знаний.

RTworks не обладает собственными средствами для отображения текущего состояния управляемого процесса. Разработчик приложения вынужден использовать систему Dataview фирмы VI Corporation, что в значительной степени ограничивает его возможности.

Интерфейс с пользователем TDC Expert ограничен возможностями системы TDC 3000, т.е. взаимодействие с конечным пользователем ограничивается текстовым режимом работы.

11.5. Представление знаний в экспертных системах

Первый и основной вопрос, который надо решить при представлении знаний, - это вопрос определения состава знаний, т.е. определение того, "ЧТО ПРЕДСТАВЛЯТЬ" в экспертной системе. Второй вопрос касается того, "КАК ПРЕДСТАВЛЯТЬ" знания. Необходимо отметить, что эти две проблемы не являются независимыми. Действительно, выбранный способ представления может оказаться непригодным в принципе либо неэффективным для выражения некоторых знаний.

По нашему мнению, вопрос "КАК ПРЕДСТАВЛЯТЬ" можно разделить на две в значительной степени независимые задачи: как организовать (структурировать) знания и как представить знания в выбранном формализме.

Стремление выделить организацию знаний в самостоятельную задачу вызвано, в частности, тем, что эта задача возникает для любого языка представления и способы решения этой задачи являются одинаковыми (либо сходными) вне зависимости от используемого формализма.

Итак, в круг вопросов, решаемых при представлении знаний, будем включать следующие:

- определение состава представляемых знаний;
- организацию знаний;
- представление знаний, т.е. определение модели представления.

Состав знаний ЭС определяется следующими факторами:

- проблемной средой;
- архитектурой экспертной системы;
- потребностями и целями пользователей;
- языком общения.

В соответствии с общей схемой статической экспертной системы (см. рис. 1.1) для ее функционирования требуются следующие знания:

- знания о процессе решения задачи (т.е. управляющие знания), используемые интерпретатором (решателем);
- знания о языке общения и способах организации диалога, используемые лингвистическим процессором (диалоговым компонентом);

- знания о способах представления и модификации знаний, используемые компонентом приобретения знаний;
- поддерживающие структурные и управляющие знания, используемые объяснительным компонентом.

Для динамической ЭС, кроме того, необходимы следующие знания:

1. знания о методах взаимодействия с внешним окружением;
2. знания о модели внешнего мира.

Зависимость состава знаний от требований пользователя проявляется в следующем:

- какие задачи (из общего набора задач) и с какими данными хочет решать пользователь;
- каковы предпочтительные способы и методы решения;
- при каких ограничениях на количество результатов и способы их получения должна быть решена задача;
- каковы требования к языку общения и организации диалога;
- какова степень общности (конкретности) знаний о проблемной области, доступная пользователю;
- каковы цели пользователей.

Состав знаний о языке общения зависит как от языка общения, так и от требуемого уровня понимания.

С учетом архитектуры экспертной системы знания целесообразно делить на *интерпретируемые* и *неинтерпретируемые*. К первому типу относятся те знания, которые способен интерпретировать решатель (интерпретатор). Все остальные знания относятся ко второму типу. Решатель не знает их структуры и содержания. Если эти знания используются каким-либо компонентом системы, то он не "осознает" этих знаний. Неинтерпретируемые знания подразделяются на *вспомогательные* знания, хранящие информацию о лексике и грамматике языка общения, информацию о структуре диалога, и *поддерживающие* знания. Вспомогательные знания обрабатываются естественно-языковой компонентой, но ход этой обработки решатель не осознает, так как этот этап обработки входных сообщений является вспомогательным для проведения экспертизы. Поддерживающие знания используются при создании системы и при выполнении

объяснений. Поддерживающие знания выполняют роль описаний (обоснований) как интерпретируемых знаний, так и действий системы. Поддерживающие знания подразделяются на *технологические* и *семантические*. Технологические поддерживающие знания содержат сведения о времени создания описываемых ими знаний, об авторе знаний и т.п. Семантические поддерживающие знания содержат смысловое описание этих знаний. Они содержат информацию о причинах ввода знаний, о назначении знаний, описывают способ использования знаний и получаемый эффект. Поддерживающие знания имеют описательный характер.

Интерпретируемые знания можно разделить на *предметные знания*, *управляющие знания* и *знания о представлении*. Знания о представлении содержат информацию о том, каким образом (в каких структурах) в системе представлены интерпретируемые знания.

Предметные знания содержат данные о предметной области и способах преобразования этих данных при решении поставленных задач. Отметим, что по отношению к предметным знаниям знания о представлении и знания об управлении являются *метазнаниями*. В предметных знаниях можно выделить описатели и собственно предметные знания. Описатели содержат определенную информацию о предметных знаниях, такую, как коэффициент определенности правил и данных, меры важности и сложности. Собственно предметные знания разбиваются на *факты* и *исполняемые утверждения*. Факты определяют возможные значения сущностей и характеристик предметной области. Исполняемые утверждения содержат информацию о том, как можно изменять описание предметной области в ходе решения задач. Говоря другими словами, исполняемые *утверждения* - это знания, задающие процедуры обработки. Однако мы избегаем использовать термин "процедурные знания", так как хотим подчеркнуть, что эти знания могут быть заданы не только в процедурной, но и в декларативной форме.

Управляющие знания можно разделить на *фокусирующие* и *решающие*. Фокусирующие знания описывают, какие знания следует использовать в той или иной ситуации. Обычно фокусирующие знания содержат сведения о наиболее перспективных объектах или правилах, которые целесообразно использовать при проверке соответствующих гипотез. В первом случае внимание фокусируется на элементах рабочей памяти, во втором - на правилах базы знаний. Решающие знания содержат

информацию, используемую для выбора способа интерпретации знаний, подходящего к текущей ситуации. Эти знания применяются для выбора стратегий или эвристик, наиболее эффективных для решения данной задачи.

Качественные и количественные показатели экспертной системы могут быть значительно улучшены за счет использования *метазнаний*, т.е. знаний о знаниях. Метазнания не представляют некоторую единую сущность, они могут применяться для достижения различных целей. Перечислим возможные назначения метазнаний :

1. метазнания в виде стратегических метаправил используются для выбора релевантных правил ;
2. метазнания используются для обоснования целесообразности применения правил из области экспертизы;
3. метаправила используются для обнаружения синтаксических и семантических ошибок в предметных правилах;
4. метаправила позволяют системе адаптироваться к окружению путем перестройки предметных правил и функций;
5. метаправила позволяют явно указать возможности и ограничения системы, т.е. определить, что система знает, а что не знает.

Вопросы организации знаний необходимо рассматривать в любом представлении, и их решение в значительной степени не зависит от выбранного способа (модели) представления. Выделим следующие аспекты проблемы организации знаний :

- организация знаний по уровням представления и по уровням детальности;
- организация знаний в рабочей памяти;
- организация знаний в базе знаний.

11.6. Уровни представления и уровни детальности

Для того чтобы экспертная система могла управлять процессом поиска решения, была способна приобретать новые знания и объяснять свои действия, она должна уметь не только использовать свои знания, но и обладать способностью понимать и исследовать их, т.е. экспертная система должна иметь знания о том, как представлены ее знания о проблемной среде. Если знания о проблемной среде назвать знаниями нулевого уровня представления, то первый уровень представления содержит метазнания, т.е. знания о том, как представлены во внутреннем мире системы знания нулевого уровня. Первый уровень содержит знания о том, какие средства используются для представления знаний нулевого уровня. Знания первого уровня играют существенную роль при управлении процессом решения, при приобретении и объяснении действий системы. В связи с тем, что знания первого уровня не содержат ссылок на знания нулевого уровня, знания первого уровня независимы от проблемной среды.

Число уровней представления может быть больше двух. Второй Уровень представления содержит сведения о знаниях первого уровня, т.е. знания о представлении базовых понятий первого уровня. Разделение знаний по уровням представления обеспечивает расширение области применимости системы.

Выделение уровней детальности позволяет рассматривать знания с различной степенью подробности. Количество уровней детальности во многом определяется спецификой решаемых задач, объемом знаний и способом их представления. Как правило, выделяется не менее трех уровней детальности, отражающих соответственно общую, логическую и физическую организацию знаний. Введение нескольких уровней детальности обеспечивает дополнительную степень гибкости системы, так как позволяет производить изменения на одном уровне, не затрагивая другие. Изменения на одном уровне детальности могут приводить к дополнительным изменениям на этом же уровне, что оказывается необходимым для обеспечения согласованности структур данных и программ. Однако наличие различных уровней препятствует распространению изменений с одного уровня на другие.

11.7. Организация знаний в рабочей системе

Рабочая память (РП) экспертных систем предназначена для хранения данных. Данные в рабочей памяти могут быть однородны или разделяются на уровни по типам данных. В последнем случае на каждом уровне рабочей памяти хранятся данные соответствующего типа. Выделение уровней усложняет структуру экспертной системы, но делает систему более эффективной. Например, можно выделить уровень планов, уровень агенды (упорядоченного списка правил, готовых к выполнению) и уровень данных предметной области (уровень решений).

В современных экспертных системах данные в рабочей памяти рассматриваются как изолированные или как связанные. В первом случае рабочая память состоит из множества простых элементов, а во втором - из одного или нескольких (при нескольких уровнях в РП) сложных элементов (например, объектов). При этом сложный элемент соответствует множеству простых, объединенных в единую сущность. Теоретически оба подхода обеспечивают полноту, но использование изолированных элементов в сложных предметных областях приводит к потере эффективности.

Данные в РП в простейшем случае являются *константами* и (или) *переменными*. При этом переменные могут трактоваться как характеристики некоторого объекта, а константы - как значения соответствующих характеристик. Если в РП требуется анализировать одновременно несколько различных объектов, описывающих текущую проблемную ситуацию, то необходимо указывать, к каким объектам относятся рассматриваемые характеристики. Одним из способов решения этой задачи является явное указание того, к какому объекту относится характеристика.

Если РП состоит из сложных элементов, то связь между отдельными объектами указывается явно, например заданием семантических отношений. При этом каждый объект может иметь свою внутреннюю структуру. Необходимо отметить, что для ускорения поиска и сопоставления данные в РП могут быть связаны не только логически, но и ассоциативно.

11.8. Организация знаний в базе данных

Показателем интеллектуальности системы с точки зрения представления знаний считается способность системы использовать в нужный момент необходимые (*релевантные*) знания. Системы, не имеющие средств для определения релевантных знаний, неизбежно сталкиваются с проблемой "комбинаторного взрыва". Можно утверждать, что эта проблема является одной из основных причин, ограничивающих сферу применения экспертных систем. **В проблеме доступа к знаниям можно выделить три аспекта: связность знаний и данных, механизм доступа к знаниям и способ сопоставления.**

Связность (агрегация) знаний является основным способом, обеспечивающим ускорение поиска релевантных знаний. Большинство специалистов пришли к убеждению, что знания следует организовывать вокруг наиболее важных объектов (сущностей) предметной области. Все знания, характеризующие некоторую сущность, связываются и представляются в виде отдельного объекта. При подобной организации знаний, если системе потребовалась информация о некоторой сущности, то она ищет объект, описывающий эту сущность, а затем уже внутри объекта отыскивает информацию о данной сущности. В объектах целесообразно выделять два типа связей между элементами: *внешние* и *внутренние*. Внутренние связи объединяют элементы в единый объект и предназначены для выражения структуры объекта. Внешние связи отражают взаимозависимости, существующие между объектами в области экспертизы. Многие исследователи классифицируют внешние связи на *логические* и *ассоциативные*. Логические связи выражают семантические отношения между элементами знаний. Ассоциативные связи предназначены для обеспечения взаимосвязей, способствующих ускорению процесса поиска релевантных знаний.

Основной проблемой при работе с большой базой знаний является проблема поиска знаний, релевантных решаемой задаче. В связи с тем, что в обрабатываемых данных может не содержаться явных указаний на значения, требуемые для их обработки, необходим более общий

механизм доступа, чем метод прямого доступа (метод явных ссылок). Задача этого механизма состоит в том, чтобы по некоторому описанию сущности, имеющемуся в рабочей памяти, найти в базе знаний объекты, удовлетворяющие этому описанию. Очевидно, что упорядочение и структурирование знаний могут значительно ускорить процесс поиска.

Нахождение желаемых объектов в общем случае уместно рассматривать как двухэтапный процесс. На первом этапе, соответствующем процессу выбора по ассоциативным связкам, совершается предварительный выбор в базе знаний потенциальных кандидатов на роль желаемых объектов. На втором этапе путем выполнения операции сопоставления потенциальных кандидатов с описаниями кандидатов осуществляется окончательный выбор искомого объекта. При организации подобного механизма доступа возникают определенные трудности: Как выбрать критерий пригодности кандидата? Как организовать работу в конфликтных ситуациях? и т.п.

Операция сопоставления может использоваться не только как средство выбора нужного объекта из множества кандидатов; она может быть использована для классификации, подтверждения, декомпозиции и коррекции. Для идентификации неизвестного объекта он может быть сопоставлен с некоторыми известными образцами. Это позволит классифицировать неизвестный объект как такой известный образец, при сопоставлении с которым были получены лучшие результаты. При поиске сопоставление используется для подтверждения некоторых кандидатов из множества возможных. Если осуществлять сопоставление некоторого известного объекта с неизвестным описанием, то в случае успешного сопоставления будет осуществлена частичная декомпозиция описания.

Операции сопоставления весьма разнообразны. Обычно выделяют следующие их формы: *синтаксическое, параметрическое, семантическое и принуждаемое сопоставления*. В случае *синтаксического сопоставления* соотносят формы (образцы), а не содержание объектов. Успешным является сопоставление, в результате которого образцы оказываются идентичными. Обычно считается, что переменная одного образца может быть идентична любой константе (или выражению) другого образца. Иногда на переменные, входящие в образец, накладывают требования, определяющие тип констант, с

которыми они могут сопоставляться. Результат синтаксического сопоставления является бинарным: образцы сопоставляются или не сопоставляются. В *параметрическом сопоставлении* вводится параметр, определяющий степень сопоставления. В случае *семантического сопоставления* соотносятся не образцы объектов, а их функции. В случае *принуждаемого сопоставления* один сопоставляемый образец рассматривается с точки зрения другого. В отличие от других типов сопоставления здесь всегда может быть получен положительный результат. Вопрос состоит в силе принуждения. Принуждение могут выполнять специальные процедуры, связываемые с объектами. Если эти процедуры не в состоянии осуществить сопоставление, то система сообщает, что успех может быть достигнут только в том случае, если определенные части рассматриваемых сущностей можно считать сопоставляющимися.

11.9. Методы поиска решений в экспертных системах

Методы решения задач, основанные на сведении их к поиску, зависят от психодиагностика в психосоматике, а также другие системы. особенностей предметной области, в которой решается задача, и от требований, предъявляемых пользователем к решению. Особенности предметной области с точки зрения методов решения можно характеризовать следующими параметрами:

- размер, определяющий объем пространства, в котором предстоит искать решение;
- изменяемость области, характеризует степень изменяемости области во времени и пространстве (здесь будем выделять статические и динамические области);
- полнота модели, описывающей область, характеризует адекватность модели, используемой для описания данной области. Обычно если модель не полна, то для описания области используют несколько моделей, дополняющих друг друга за счет отражения различных свойств предметной области;

- определенность данных о решаемой задаче, характеризует степень точности (ошибочности) и полноты (неполноты) данных. Точность (ошибочность) является показателем того, что предметная область с точки зрения решаемых задач описана точными или неточными данными; под полнотой (неполнотой) данных понимается достаточность (недостаточность) входных данных для однозначного решения задачи.

Требования пользователя к результату задачи, решаемой с помощью поиска, можно характеризовать количеством решений и свойствами результата и (или) способом его получения. Параметр "число решений" может принимать следующие основные значения: одно решение, несколько решений, все решения. Параметр "свойства" задает ограничения, которым должен удовлетворять полученный результат или способ его получения. Так, например, для системы, выдающей рекомендации по лечению больных, пользователь может указать требование не использовать некоторое лекарство (в связи с его отсутствием или в связи с тем, что оно противопоказано данному пациенту). Параметр "свойства" может определять и такие особенности, как время решения ("не более чем", "диапазон времени" и т.п.), объем памяти, используемой для получения результата, указание об обязательности (невозможности) использования каких-либо знаний (данных) и т.п.

Итак, сложность задачи, определяемая вышеприведенным набором параметров, варьируется от простых задач малой размерности с неизменяемыми определенными данными и отсутствием ограничений на результат и способ его получения до сложных задач большой размерности с изменяемыми, ошибочными и неполными данными и произвольными ограничениями на результат и способ его получения. Из общих соображений ясно, что каким-либо одним методом нельзя решить все задачи. Обычно одни методы превосходят другие только по некоторым из перечисленных параметров.

Рассмотренные ниже методы могут работать в статических и динамических проблемных средах. Для того чтобы они работали в условиях динамики, необходимо учитывать время жизни значений переменных, источник данных для переменных, а также обеспечивать возможность хранения истории значений переменных, моделирования

внешнего окружения и оперирования временными категориями в правилах.

Существующие методы решения задач, используемые в экспертных системах, можно классифицировать следующим образом:

- методы поиска в одном пространстве - методы, предназначенные для использования в следующих условиях: области небольшой размерности, полнота модели, точные и полные данные;
- методы поиска в иерархических пространствах - методы, предназначенные для работы в областях большой размерности;
- методы поиска при неточных и неполных данных ;
- методы поиска, использующие несколько моделей, предназначенные для работы с областями, для адекватного описания которых одной модели недостаточно.

Предполагается, что перечисленные методы при необходимости должны объединяться для того, чтобы позволить решать задачи сложность которых возрастает одновременно по нескольким параметрам.

11.10. Инструментальный комплекс для создания статических экспертных систем (на примере интегрированного комплекса ЭКО)

Рассмотрим особенности инструментальных средств для создания статических ЭС на примере комплекса ЭКО, разработанного в РосНИИ ИТ и АП. Наиболее успешно комплекс применяется для создания ЭС, решающих задачи диагностики (технической и медицинской), эвристического оценивания (риска, надежности и т.д.), качественного прогнозирования, а также обучения.

Комплекс ЭКО используется: для создания коммерческих и промышленных экспертных систем на персональных ЭВМ, а также для быстрого создания прототипов экспертных систем с целью определения применимости методов инженерии знаний в некоторой конкретной проблемной области.

На основе комплекса ЭКО было разработано более 100 прикладных экспертных систем. Среди них отметим следующие:

- поиск одиночных неисправностей в персональном компьютере;
- оценка состояния гидротехнического сооружения (Чарвакская ГЭС);
- подготовка деловых писем при ведении переписки с зарубежными партнерами;
- проведение скрининговой оценки иммунологического статуса;
- оценка показаний микробиологического обследования пациента, страдающего неспецифическими хроническими заболеваниями легких;

11.11. Средства представления знаний и стратегии управления

Комплекс ЭКО включает три компонента.

Ядром комплекса является *интегрированная оболочка* экспертных систем ЭКО, которая обеспечивает быстрое создание эффективных приложений для решения задач анализа в статических проблемных средах типа 1 и 2.

При разработке средств представления знаний оболочки преследовались две основные цели: эффективное решение достаточно широкого и практически значимого класса задач средствами персональных компьютеров; гибкие возможности по описанию пользовательского интерфейса и проведению консультации в

конкретных приложениях. При представлении знаний в оболочке используются специализированные (частные) -утверждения типа "атрибут - значение" и частные правила, что позволяет исключить ресурсоемкую операцию сопоставления по образцу и добиться эффективности разрабатываемых приложений. Выразительные возможности оболочки удалось существенно расширить за счет интегрированности, обеспечиваемой путем вызова внешних программ через сценарий консультации и стыковки с базами данных (ПИРС и dBase IV) и внешними программами. В оболочке ЭКО обеспечивается слабая структуризация БЗ за счет ее разделения на отдельные компоненты - для решения отдельных подзадач в проблемной среде - модели (понятию "модель" ЭКО соответствует понятие "модуль" базы знаний системы G2).

С точки зрения технологии разработки ЭС оболочка поддерживает подходы, основанные на поверхностных знаниях и структурировании процесса решения.

Оболочка функционирует в двух режимах: в режиме приобретения знаний и в режиме консультации (решения задач). В первом режиме разработчик ЭС средствами диалогового редактора вводит в БЗ описание конкретного приложения в терминах языка представления знаний оболочки. Это описание компилируется в сеть вывода с прямыми адресными ссылками на конкретные утверждения и правила. Во втором режиме оболочка решает конкретные задачи пользователя в диалоговом или пакетном режиме. При этом решения выводятся от целей к данным (обратное рассуждение).

Для расширения возможностей оболочки по работе с глубинными знаниями комплекс ЭКО может быть дополнен компонентом К-ЭКО (*конкретизатором знаний*), который позволяет описывать закономерности в проблемных средах в терминах общих (абстрактных) объектов и правил. К-ЭКО используется на этапе приобретения знаний вместо диалогового редактора оболочки для преобразования общих описаний в конкретные сети вывода, допускающие эффективный вывод решений средствами оболочки ЭКО. Таким образом, использование конкретизатора обеспечивает возможность работы с проблемными средами типа 2 (см. гл.3).

Третий компонент комплекса - *система ИЛИС*, позволяющая создавать ЭС в статических проблемных средах за счет индуктивного

обобщения данных (примеров) и предназначенная для использования в тех приложениях, где отсутствие правил, отражающих закономерности в проблемной среде, возмещается обширным экспериментальным материалом. Система ИЛИС обеспечивает автоматическое формирование простейших конкретных правил и автономное решение задач на их основе; при этом используется жесткая схема диалога с пользователем. Поскольку при создании реальных приложений эксперты представляют, как правило, и знания о закономерностях в проблемной среде, и экспериментальный материал (для решения частных подзадач), возникает необходимость в использовании правил, сформированных системой ИЛИС, в рамках более сложных средств представления знаний. Комплекс ЭКО обеспечивает автоматический перевод таких правил в формат оболочки ЭКО. В результате удастся получить полное (адекватное) представление реальной проблемной среды, кроме того, задать гибкое описание организации взаимодействия ЭС с конечным пользователем.

11.12. Инструментальный комплекс для создания экспертных систем реального времени (на примере интегрированной среды g2-gensum corp., США)

История развития ИС для создания ЭС реального времени началась в 1985 г., когда фирма Lisp Machine Inc. выпустила систему Pison для символьных ЭВМ Symbolics. Успех этого ИС привел к тому, что группа ведущих разработчиков Pison в 1986 г. образовала частную фирму Gensum, которая, значительно развив идеи, заложенные в Pison, в 1988 г. вышла на рынок с ИС под названием G2, версия 1.0. В настоящее время функционирует версия 4.2 и готовится к выпуску версия 5.0.

Основное предназначение программных продуктов фирмы Gensum (США) - помочь предприятиям сохранять и использовать знания и опыт их наиболее талантливых и квалифицированных сотрудников в интеллектуальных системах реального времени, повышающих качество продукции, надежность и безопасность производства и снижающих производственные издержки. О том, как фирме Gensum

удается справиться с этой задачей, говорит хотя бы то, что сегодня ей принадлежат 50% мирового рынка экспертных систем, используемых в системах управления.

С отставанием от Gensym на 2 - 3 года другие фирмы начали создавать свои ИС для ЭС РВ. С точки зрения независимых экспертов NASA, проводивших комплексное исследование характеристик и возможностей некоторых из перечисленных систем, в настоящее время наиболее продвинутым ИС, безусловно, остается G2 (Gensym, США); следующие места со значительным отставанием (реализовано менее 50% возможностей G2) занимают RTWorks - фирма Talarian (США), COMDALE/C (Comdale Techn. - Канада), COGSYS (SC - США), ILOG Rules (ILOG - Франция).

Классы задач, для которых предназначена G2 и подобные ей системы:

- мониторинг в реальном масштабе времени;
- системы управления верхнего уровня;
- системы обнаружения неисправностей;
- диагностика;
- составление расписаний;
- планирование;
- оптимизация;
- системы - советчики оператора;
- системы проектирования.

Инструментальные средства фирмы Gensym являются эволюционным шагом в развитии традиционных экспертных систем от статических предметных областей к динамическим. Немалую долю успеха фирме Gensym обеспечивают основные принципы, которых она придерживается в своих новых разработках:

- проблемно/предметная ориентация;
- следование стандартам;
- независимость от вычислительной платформы;
- совместимость снизу-вверх с предыдущими версиями;
- универсальные возможности, не зависящие от решаемой задачи;
- обеспечение технологической основы для прикладных систем;
- комфортная среда разработки;

- поиск новых путей развития технологии;
- распределенная архитектура клиент-сервер;
- высокая производительность.

Основным достоинством оболочки экспертных систем G2 для российских пользователей является возможность применять ее как интегрирующий компонент, позволяющий за счет открытости интерфейсов и поддержки широкого спектра вычислительных платформ легко объединить уже существующие, разрозненные средства автоматизации в единую комплексную систему управления, охватывающую все аспекты производственной деятельности - от формирования портфеля заказов до управления технологическим процессом и отгрузки готовой продукции. Это особенно важно для отечественных предприятий, парк технических и программных средств которых формировался по большей части бессистемно, под влиянием резких колебаний в экономике.

Кроме системы G2, как базового средства разработки, фирма Gensym предлагает комплекс проблемно/предметно-ориентированных расширений для быстрой реализации сложных динамических систем на основе специализированных графических языков, включающих параметризуемые операторные блоки для представления элементов технологического процесса и типовых задач обработки информации. Набор инструментальных сред фирмы Gensym, сгруппированный по проблемной ориентации, охватывает все стадии производственного процесса и выглядит следующим образом:

- интеллектуальное управление производством - G2, G2 Diagnostic Assistant (GDA), NeurOn-Line (NOL), Statistical Process Control (SPC), BatchDesign_Kit;
- оперативное планирование - G2, G2 Scheduling Toolkit (GST), Dynamic Scheduling Packadge (DSP);
- разработка и моделирование производственных процессов - G2, ReThink, BatchDesign_Kit;
- управление операциями и корпоративными сетями - G2, Fault Expert.

Несмотря на то, что первая версия системы G2 появилась не так давно - в 1988 г., ее даже в богатой Америке никто не назовет дешевой. G2 можно назвать бестселлером на рынке программных продуктов - на начало 1996 г. в мире было установлено более 5000 ее копий. Фирма

Gensym обслуживает более 30 отраслей - от аэрокосмических исследований до производства пищевых продуктов. Список пользователей G2 выглядит как справочник Who-Is-Who в мировой промышленности. 25 самых крупных индустриальных мировых корпораций используют G2. На базе G2 написано более 500 действующих приложений.

Чем же объясняется успех инструментального комплекса G2? Прежде всего G2 - динамическая система в полном смысле этого слова. G2 - это объектно-ориентированная интегрированная среда для разработки и сопровождения приложений реального времени, использующих базы знаний. G2 функционирует на большинстве существующих платформ (табл.9.1). База знаний G2 сохраняется в обычном ASCII-файле, который однозначно интерпретируется на любой из поддерживаемых платформ. Перенос приложения не требует его перекомпиляции и заключается в простом переписывании файлов. Функциональные возможности и внешний вид приложения не претерпевают при этом никаких изменений.

Таблица 9.1 Платформы, на которых функционирует G2

Фирма-производитель	Вычислительная система	Операционная среда
Digital Equipment	VAX 3xxx,4xxx,6xxx, 7xxx, 8xxx,9xxx	VMS
	DECstation 3xxx, 6xxx	ULTRIX
	DEC Alpha APX	Open VMS, OSF/1, Windows NT
SUN Microsystems	SUN=4	Sun OS
	SPARC 1,2, 10, LX, Classic	Sun OS/Solaris 1, Solaris 2.x
Hewlett Packard	HP9000/4xx, 7xx, 8xx	HP-UX
IBM	RISC 6000	AIX
Data General	AViiON	DG/UX
Silicon Graphics	IRIS, INDIGO	IRIX
ПЭВМ	Intel 486/Pentium	Windows NT,
		Windows-95

Motorola
NEC

Motorola 88000
EWS 4800

UNIX
EWS-UX/V

12. Методы работы со знаниями

1. Основные определения
 2. Подготовительный этап
 3. Основной этап
 4. Системы приобретения знаний от экспертов
 5. Формализация качественных знаний
 6. Пример формализации качественных знаний
-

12.1. Основные определения

Приобретением знаний называется выявление знаний из источников и преобразование их в нужную форму, а также перенос в базу знаний ИС. Источниками знаний могут быть книги, архивные документы, содержимое других баз знаний и т. п., т. е. некоторые *объективизированные знания*, переведенные в форму, которая делает их доступными для потребителя. Другим типом знаний являются *экспертные знания*, которые имеются у специалистов, но не зафиксированы во внешних по отношению к нему хранилищах. Экспертные знания являются *субъективными*. Еще одним видом субъективных знаний являются *эмпирические знания*. Такие знания могут добываться ИС путем наблюдения за окружающей средой (если у ИС есть средства наблюдения).

Ввод в базу знаний объективизированных знаний не представляет особой проблемы, выявление и ввод субъективных и особенно

экспертных знаний достаточно трудны. Чтобы разработать методологию приобретения субъективных знаний, получаемых от эксперта, надо четко различать две формы репрезентации знаний. Одна форма связана с тем, как и в каких моделях хранятся эти знания у человека-эксперта. При этом эксперт не всегда осознает полностью, как репрезентированы у него знания. Другая форма связана с тем, как инженер по знаниям, проектирующий ИС, собирается их описывать и представлять. От степени согласованности этих двух форм репрезентации между собой зависит эффективность работы инженера по знаниям.

В когнитивной психологии изучаются формы репрезентации знаний (*когнитивные структуры знаний*) характерные для человека. Примерами могут служить [Хафман, 1986]: представление класса понятий через его элементы (например, понятие "птица" репрезентируется рядом чайка, воробей, скворец, ...) представление понятий класса с помощью базового прототипа, отражающего наиболее типичные свойства объектов класса (например, понятие "птица" репрезентируется прототипом нечто с крыльями, клювом, летает ...) представление с помощью признаков (для понятия "птица", например, наличие крыльев, клюва, двух лап, перьев).

Кроме понятий репрезентируются и отношения между ними. Как правило, отношения между понятиями определяются процедурным способом, а отношения между составляющими понятий (определяющими структуру понятия) - декларативным способом. Наличие двух видов описаний заставляет в моделях представления знаний одновременно иметь оба компонента, например семантическую сеть и продукционную систему, как это представлено в когнитивной модели [Anderson, 1983].

При приобретении знаний важную роль играют так называемое *поле знаний* в котором содержатся основные понятия, используемые при описании предметной области, и свойства всех отношений, используемых для установления связей между понятиями. Поле знаний связано с концептуальной моделью проблемной области, в которой еще не учтены ограничения, которые неизбежно возникают при формальном представлении знаний в базе знаний. Переход от описания некоторой области в поле знаний к описанию в базе знаний аналогичен переходу от концептуальной модели базы данных к ее логической схеме, когда уже зафиксирована система управления базой данных.

Важно отметить, что переход непосредственно к формальным представлениям в базе знаний без этапа концептуального описания в поле знаний приводит к многочисленным ошибкам, что замедляет процесс формирования базы знаний ИС.

Возможны три режима взаимодействия инженера по знаниям с экспертом-специалистом: *протокольный анализ, интервью и игровая имитация профессиональной деятельности*. Протокольный анализ заключается в фиксации (например, путем записи на магнитную ленту "мыслей вслух" эксперта во время решения проблемы и в последующем анализе полученной информации. В режиме интервью инженер по знаниям ведет с экспертом активный диалог, направляя его в нужную сторону. При игровой имитации эксперт помещается в ситуации, похожие на те в которых протекает его профессиональная деятельность. Наблюдая за его действиями в различных ситуациях, инженер по знаниям, формирует свои соображения об экспертных знаниях, которые впоследствии могут быть уточнены с экспертом в режиме интервью. Принципы игровой имитации нашли применение в разнообразных деловых играх, специальных тренажерах.

Каждый из упомянутых способов извлечения знаний имеет свои преимущества и недостатки. Так, при анализе протоколов инженеру по знаниям нелегко отделить понятия, важные для включения в словарь предметной области, от тех, которые при "мыслях вслух" появляются случайно. Кроме того, в протоколах обнаруживаются пробелы, когда рассуждение эксперта как бы прерывается и продолжается уже на основе пропущенных шагов вывода. Заполнение подобных лакун возможно лишь в режиме интервью. Таким образом, во всех трех подходах к извлечению знаний из экспертов необходим этап интервью, что делает его одним из важнейших методов приобретения знаний.

Существует не менее двух десятков стратегий интервьюирования. Наиболее известны три: разбиение на ступени, репертуарная решетка и подтверждение сходства,

При разбиении на ступени эксперту предлагается назвать наиболее важные, по его мнению, понятия предметной области и указать между ними отношения структуризации, т. е. отношения типа "род-вид", "элемент-класс", "целое-часть" и т. п. Эти понятия используются на следующем шаге вопроса как базовые. Стратегия нацелена на создание

иерархии понятий предметной области, выделение в понятиях тесно связанных между собой групп-*заксонов* (кластеров) .

Стратегия репертуарной решетки направлена на выявление характеристических свойств понятий, позволяющих отделять одни понятия от других. Методика состоит в предъявлении эксперту троек понятий с предложением назвать признаки для каждого двух понятий, которые отделяли бы их от третьего. Так как каждое понятие входит в несколько троек, то на основании такой процедуры происходит уточнение объемов понятий и формируются "симптокомплексы" понятий, с помощью которых эти понятия могут идентифицироваться в базе знаний.

Стратегия подтверждения сходства состоит в том, что эксперту предлагается установить принадлежность каждой пары понятий из предметной области к некоторому отношению сходства (толерантности). Для этого эксперту задается последовательность достаточно простых вопросов, цель которых заключается в уточнении того понимания сходства, которое вкладывает эксперт в утверждение о сходстве двух понятий предметной области.

Процесс взаимодействия инженера по знаниям (аналитика) с экспертом-специалистом включает три основных этапа.

1. Подготовительный этап. Для успеха общения оба участника должны тщательно подготовиться к диалогу или игре. Желательно, чтобы эксперт был не только компетентным специалистом, но и заинтересованным (морально или материально) лицом в достижении конечной цели-построении ИС. Он должен быть доброжелателен к аналитику и уметь объяснять свои знания (наилучший случай когда эксперт имеет опыт преподавательской работы).

Аналитику необходимо: глубоко познакомиться со специальной литературой по предметной области" чтобы не задавать очень "глупых" вопросов (просто "глупые" вопросы бывают чрезвычайно полезны), а также увеличить количество "пакетов ожиданий" [Шенк и др., 1987]; уметь слушать и грамотно задавать вопросы; настроиться на роль "ученикам, а не "экзаменатора"; разбираться в моделях когнитивной психологии, а также в моделях представления знаний, чтобы из знаний эксперта выделять четкие структуры.

В любой совместной деятельности большое значение имеют психологические качества исследователей, такие как личность, манера поведения, стиль научного мышления. Существуют различные классификации научных работников. В качестве примера приведем следующую: инициатор - быстро реагирует на перспективные проблемы, т. е. один из первых ощущает необходимость решения проблемы с элементами неопределенности; диагност-способен к быстрой оценке сильных и слабых сторон решения задачи, эрудит-наделен исключительной памятью, отличается повышенным вниманием к деталям и стремлением к упорядоченности; ремесленник - способен воплощать в жизнь плохо оформленные идеи других; эстет - стремится исследовать проблемы, приводящие к изящным решениям, не склонен к кропотливому труду; методолог-интересован методологическими аспектами исследований; независимый-стремится к индивидуальному решению проблем; фанатик-самоотверженно увлечен своей научной проблемой, того же требует и от окружающих.

Принадлежность научного работника к тому или иному типу определяется с помощью косвенных методов (тестов личности, интеллекта, когнитивных стилей, проектных методов). Автоматизация опроса и получения психологического портрета испытуемого реализована, например, в системе АВТАНТЕСТ [Гаврилова. 1984].

Для роли эксперта наиболее предпочтительны инициатор эрудит, диагност и ремесленник (в паре с аналитиком-эрудитом), а для роли аналитика-диагност, методолог, эрудит, инициатор. При этом наилучшее сочетание дают сочетания разных типов. Благодаря различиям в подходах к решению задачи, в точках зрения, стиле мышления восприятия, памяти и т. п. участники в такой паре с разных сторон подходят к поставленной цели, в результате увеличивается общее количество гипотез, идей, альтернативных вариантов, а следовательно, обогащается поле знаний. Однако не все сочетания даже из приемлемых типов улучшают взаимодействие, а некоторые типы (например, фанатик, эстет, независимый, ремесленник) часто слабо приспособлены для творческого взаимодействия, что приводит к возникновению скрытых и явных конфликтов, которые усложняют процесс продуктивного общения.

Важное значение имеет также лидерство в паре. В ходе любого диалога одна сторона обычно занимает позицию ведущей, чаще эту роль берет интервьюер, т. е. аналитик. Роль лидера в диалоге позволяет аналитику

направлять и систематизировать процесс создания поля знания, не давая эксперту "размыг" или излишне детализовать процесс. С другой стороны, догматизм и настойчивость могут привести к неадекватному полю. Имеет место также эффект "фасада", т. е. желание эксперта не ударить "в грязь лицом" перед аналитиком, и отсюда генерирование неподтвержденных гипотез.

2. Установление "общего кода". Для создания лингвистического альянса взаимодействия участники взаимодействия должны пытаться сократить "расстоянием между объектом (т. е. исследуемой предметной областью) и аналитиком. Необходимо определить главные понятия, т. е. выработать словарную основу базы знаний; уровень детализации; взаимосвязи между понятиями.

3. Гносеологический этап. На этом этапе происходит выяснение закономерностей, присущих предметной области, условий достоверности и истинности утверждений, структурирование за счет введения отношений и т. п. Этот этап является определяющим во взаимодействии аналитика и эксперта, В процессе анализа игры или диалога вербализуется и формализуется знание эксперта и зачастую для него самого порождается новое знание. Репрезентация внешнего мира в его памяти получает материальное воплощение в форме поля знаний.

В процессе извлечения знаний сначала желательно получить от эксперта поверхностные знания такие например, как репрезентация признаков), постепенно переходя к глубинным структурам и более абстрактным понятиям (таким, например, как прототипы).

При формировании поля знаний учитываются особенности эмпирического знания: модальность, противоречивость, неполнота и т. д.

Аналитик должен за частным всегда видеть общее, т. е. строить цепочки "факт - обобщенный факт - эмпирический закон - теоретический закон". Центральное звено цепочки - формализация эмпирики. При этом иногда основным на этапе формализации становится не извлечение "слепых" непонятных связей, а понимание внутренней структурной связи понятий предметной области. Искусство аналитика состоит в стремлении к созданию ясной и понятной модели проблемной области.

Следует также учитывать, что эксперты в проблемной области не всегда опираются на логические рассуждения. В их представлениях о проблемной области и методах решения задач, характерных для нее, широкое применение находят ассоциативные рассуждения и рассуждения правдоподобия. Опишем примерную методику работы с экспертом по формированию поля знаний.

12.2. Подготовительный этап

1. Четкое определение задач проектируемой системы (сужение поля знаний): определение, что на входе и выходе; определение режима работ, консультации, обучение и др.
2. Выбор экспертов: определение количества экспертов; выбор уровня компетентности (не всегда хорошо выбирать самый высокий уровень сразу); определение способов и возможности заинтересовать экспертов в работе; тестирование экспертов.
3. Знакомство аналитика со специальной литературой в предметной области.
4. Знакомство аналитика и экспертов (в дальнейшем для простоты будем считать, что эксперт один).
5. Знакомство эксперта с популярной литературой по искусственному интеллекту (желательно, но необязательно).
6. Попытка аналитика создать поле знаний первого приближения априорным знаниям из литературы (прототип поля знаний).

12.3. Основной этап

1. "Накачка" поля знаний: а) в зависимости от предметной области выбор способа интервьюирования; б) протоколирование мыслей вслух или запись на магнитофон

- рассуждении эксперта (аналитик по возможности не должен пока вмешиваться в рассуждения).
2. "Домашняя работа". Попытка аналитика выделить некоторые причинно-следственные связи в рассуждениях эксперта; построение словаря предметной области (возможно, на карточках) и подготовка вопросов к эксперту.
 3. "Подкачка" поля зрения. Обсуждение с экспертом прототипа поля знаний и домашней работы, а также ответы на вопросы аналитика.
 4. Формализация концептуальной модели.
 5. Построение поля знаний второго приближения.

12.4. Системы приобретения знаний от экспертов

Одно из первых рассмотрении интервью как метода инженерии знаний проведено в [Newel 1972], Проблемы, возникающие при извлечении экспертных знаний, некоторые психологи связывают с так называемой когнитивной защитой. В [Kelly, 1985] была развита теория человеческого познания, основанная на понятии "персональных конструктов", которые человек создает и пытается приспособить к реалиям мира. В [Bose, 1984] теория персональных конструктов использована для создания системы извлечения экспертных знаний и показала свою способность успешно преодолевать когнитивную защиту, т. е. нежелание экспертов достичь четкого и осознанного ими истолкования основных понятий, отношений между понятиями и приемов решения задач в интересующей инженера по знаниям проблемной области.

Методы интервьюирования эксперта предметной области знаний с использованием нескольких различных стратегий применены при создании системы TEIRESIAS [Davis, 1982]. В [Kahn et al., 1984] выделено восемь различных стратегий интервью, в [Kahn et al., 1985] на основе этих стратегий исследуется возможность автоматического интервьюирования. Автоматизации метода протокольного анализа посвящены работы [Waterman, 1971, 1973; Krippendorf, 1980].

В [Kahn et al. 1985] на примере диагностической системы MORE; описана техника интервьюирования, направленная на выяснение следующих сущностей, гипотез, симптомов, условий, связей и путей. Гипотеза - событие идентификация которого имеет своим результатом диагноз. Симптом-событие, являющееся следствием существования гипотезы, наблюдение которого приближает последующее принятие гипотезы. Условие - событие или некоторое множество событий, которое не является непосредственно симптоматическим для какой-либо гипотезы, но которое может иметь диагностическое значение для некоторых других событий. Связи-соединения сущностей (в том числе, других связей). Путь- выделенный тип связи, который соединяет гипотезы с симптомами. В соответствии с этим используются следующие стратегии интервью: дифференциация гипотез, различение симптомов, симптомная обусловленность, деление пути и др.

Дифференциация гипотез направлена на поиск симптомов, которые обеспечивают более точное различение гипотез. Наиболее мощными в этом смысле являются те симптомы, которые происходят из одного диагностируемого события, Различение симптомов выявляет специфические характеристики симптома, которые, с одной стороны, идентифицируют его как следствие некоторой гипотезы, с другой-противопоставляют другим. Симптомная обусловленность направлена на выявление негативных симптомов, т. е. симптомов, отсутствие которых имеет больший диагностический вес, чем их присутствие. Деление пути обеспечивает нахождение симптоматических событий, которые лежат на пути к уже найденному симптому. Если такой симптом существует, то он имеет большое диагностическое значение, чем уже найденный.

Аналогичные стратегии интервьюирования эксперта использованы при создании инструментальной диагностической системы ИДИС [Голубев и др., 1987].

В системе KRITON [Diederich et al., 1987] для приобретения знаний используются два источника: эксперт с его знаниями, полученными на практике (эти знания, как правило, неполны, отрывочны, плохо структурированы); книжные знания, документы, описания инструкции (эти знания хорошо структурированы и фиксированы традиционными средствами). Для извлечения знаний из первого источника в KRITON применена техника интервью, использующая стратегии репертуарной решетки и разбиения на ступени. При этом применяется прием

переключения стратегий: если при предъявлении тройки семантически связанных понятий эксперт не в состоянии назвать признак, отличающий два из них от третьего, система запускает стратегию разбиения на ступени и предпринимает попытку выяснения таксономической структуры этих понятий с целью выявления признаков, их различающих.

Для выявления процедурных знаний эксперта в KRITON применен метод протокольного анализа. Он осуществляется в пять шагов. На первом шаге протокол делится на сегменты на основании пауз, которые делает эксперт в процессе записи. Второй шаг-семантический анализ сегментов, формирование высказываний для каждого сегмента. На третьем шаге из текста выделяются операторы и аргументы. Далее делается попытка поиска по образцу в базе знаний для обнаружения переменных в высказываниях (переменная вставляется в высказывание, если соответствующая ссылка в тексте не обнаружена). На последнем шаге утверждения упорядочиваются в соответствии с их появлением в протоколе.

Анализ текста используется в KRITON для выявления хорошо структурированных знаний из книг, документов, описаний, инструкций.

В [Morik, 1987] описан метод выявления модели предметной области. Первая фаза-формирование инженером знаний грубой модели предметной области путем определения предикатов и сортов их возможных аргументов и сообщения системе фактов об области, выразимых этими предикатами. Система выявляет свойства предикатов и устанавливает отношения между ними, структурируя таким образом предметную область. На второй фазе с помощью метазнаний (общих структур), отражающих особенности человеческого мышления, осуществляется проверка соответствия фактов предикатам, индуктивный вывод правил из фактов, вывод правил из других правил.

В системах SIMER и ДИАПС [Осипов. 1987; Osipov et al, 1987] основным методом приобретения знаний является автоматизированное интервьюирование эксперта, которое управляется знаниями, приобретенными системой. В системах SIMER и ДИАПС не выявляется предварительная модель области. Все объекты (события) и их атрибуты определяются в режиме прямого интервьюирования

эксперта. Предполагается только, что на множестве объектов могут быть заданы ряд отношений из известного (конечного) множества: "элемент-множество", "часть - целое", "пример - прототип", отношения структурного сходства объектов, структурной иерархии и некоторые другие. Все отношения попарно различаются формальными свойствами. Так, отношений структурного сходства не обладает транзитивностью, но симметрично. Отношение структурной иерархии, напротив, не обладает симметричностью, однако транзитивно. На выяснение этих и ряда других свойств отношений и объектов направлено интервью.

В частности, для установления структурного сходства на первой фазе интервью для каждого вновь вводимого понятия эксперту предлагается указать (с помощью меню) те понятия предметной области, с которыми может быть связано данное (без спецификации отношения). Затем в процессе интервью для каждой пары понятий (из выделенных на первой фазе) связь специфицируется, устанавливаются свойства и тип отношения, в число элементов которого включается исследуемая пара. Так, для включения некоторой пары понятий X и Y , о которых эксперт сообщил, что X влияет на Y (например X увеличивает возможность Y), в число элементов некоторого отношения R , обладающего среди прочих свойств симметричностью, необходимо задать эксперту вопрос: "Увеличивает ли Y возможность?". При положительном ответе на этот вопрос (и если прочие свойства уже установлены и удовлетворяют определению отношения R) пара (X, Y) включается в R . Для установления структурного сходства и структурной иерархии понятий используются стратегии подтверждения сходства и разбиения на ступени.

В модели имеются метапроцедуры и метаправила, которые проверяют корректность модели, используют формальные свойства отношений для пополнения модели и генерируют правила.

Сформулируем основные этапы реализации системы приобретения знаний.

1. Интервью для определения актуальной области, в которой происходит процесс решения интересующей проблемы, и расчленение ее на автономные области.
2. Автоматизированное интервью для выявления и формирования декларативной модели предметной области.

3. Протокольный анализ к выявленным на предыдущем этапе понятиям и отношениям предметной области для пополнения модели процедурными знаниями.
(этапы 2 и 3 можно использовать попеременно до тех пор, пока модель не достигнет нужной полноты).
4. Протокольный анализ для пополнения декларативных знаний модели. б. Проверка полноты модели. Обычно протокольный анализ выявляет пустоты в модели. Имеется в виду случай, когда понятия, использованные в "мыслях вслух", недостаточно описаны. В этом случае интервью и протокольный анализ повторяются.

12.5. Формализация качественных знаний

При формализации качественных знаний может быть использована теория нечетких множеств [Заде, 1974], особенно те ее аспекты, которые связаны с *лингвистической неопределенностью*, наиболее часто возникающей при работе с экспертами на естественном языке. Под лингвистической неопределенностью подразумевается не полиморфизм слов естественного языка, который может быть преодолен на уровне понимания смысла высказываний в рамках байесовской модели [Налимов, 1974], а качественные оценки естественного языка для длины, времени, интенсивности, для целей логического вывода, принятия решений, планирования.

Лингвистическая неопределенность в системах представления знаний задается с помощью *лингвистических моделей* основанных на теории лингвистических переменных и теории приближенных рассуждений [Kikerf 1978]. Эти теории опираются на понятие *нечеткого множества*, систему операций над нечеткими множествами и методы построения *функций принадлежности*.

Одним из основных понятий, используемых в лингвистических моделях, является понятие *лингвистической переменной*. Значениями лингвистических переменных являются не числа, а слова или предложения некоторого искусственного либо естественного языка. Например, числовая переменная "возраст" принимает дискретные значения между нулем и сотней, а целое число является значением переменной. Лингвистическая переменная "возраст" может принимать значения: молодой, старый, довольно старый, очень молодой и т. д.

Эти термы-лингвистические значения переменной. На это множество (как и на числа) также налагаются ограничения. Множество допустимых значений лингвистической переменной называется *терм-множеством*.

При вводе в ЭВМ информации о лингвистических переменных и терм-множестве ее необходимо представить в форме, пригодной для работы на ЭВМ. Лингвистическая переменная задается набором из пяти компонентов: $\langle L, T(A), U, \langle \Gamma, Af \rangle$, где L -имя лингвистической переменной; $\Gamma (L)$ -ее терм-множество;

U - область, на которой определены значения лингвистической переменной; b описывает операции по порождению производных значений лингвистической переменной на основе тех значений, которые входят в терм-множество. С помощью правил из O можно расширить число значений лингвистической переменной, т. е. расширить ее терм-множество. Каждому значению a лингвистической переменной L соответствует нечеткое множество X_a , являющееся подмножеством V . По аналогии с формальными системами правила из G часто называют синтаксическими. Наконец, компонент M образует набор семантических правил. С их помощью происходит отображение значений лингвистической переменной a в нечеткие множества X_a и выполняются обратные преобразования. Именно эти правила обеспечивают формализацию качественных утверждений экспертов при формировании проблемной области в памяти ИС.

На рис. 2Л показаны все компоненты, определяющие лингвистическую переменную <возраста>. В качестве терм-множества использовано множество, состоящее из трех значений: очень молодой (Ом), пожилой (п) и старый (с), задаваемых функциями принадлежности на области V , которую называют носителем лингвистических значений. В примере область V -года жизни от 0 до 150 лет. В качестве семантических правил выступают отображения, задаваемые функциями принадлежности $0 < \mu_{L_i}(x) < 1$ к нечетким множествам L_i "Хи, Хе. Как видно из рис. 2Л, человек, возраст которого равен 60 годам, принадлежит

к X_{0y} со значением 0 (т. е. человек в 60 лет не является очень молодым), к X_a со значением 0.8 и к X_c со значением 0.4.

Для перехода от качественных описаний к формализованным необходимо построить отображения, входящие в M , т. е. построить функции принадлежности, В таком виде подобная задача была исследована в [Блишун, 1987]

При получении от экспертов информации о виде функций принадлежности необходимо учитывать характер измерений (первичные и производные измерения) и тип шкалы, на которую проецируются измерения и на которой будут определяться функции принадлежности [Глотов и др., 1976]. На этой шкале задается вид допустимых операторов и операций, т. е. некоторая алгебра для функций принадлежности. Кроме того, следует различать характеристики, которые можно измерять непосредственно и характеристики, которые являются качественными и требуют попарного сравнения объектов, обладающих этими характеристиками" чтобы определить их отношение к исследуемому понятию.

Можно выделить две группы методов построения функций принадлежности: прямые и косвенные. В прямых методах эксперт

непосредственно задает правила определения значений функции принадлежности $lia(u)$. Эти значения согласуются с его предпочтениями на множестве объектов следующим образом: для любых $K_i, u \in U$ имеет место $Ио(УО < Ио(u_2))$ тогда и только тогда, когда $Ид$ предпочтительнее u_1 , т. е. в большей степени определяется понятием a ; для любых $u_1, u_2 \in U$ имеет место $Ца(1) = Ца(2)$ тогда и только тогда, когда $Ич$ и u_1 не различаются по отношению к понятию a . К прямым методам относится непосредственное задание функции принадлежности таблицей, формулой или примером [Zadeh, 1975; Ragade et al., 1977; Thole et al., 1979].

В косвенных методах значения функции принадлежности выбираются таким образом, чтобы удовлетворялись заранее сформулированные условия. Экспертная информация является только исходной для дальнейшей обработки. Дополнительные условия могут налагаться как на вид получаемой информации, так и на процедуру обработки. Примерами дополнительных условий могут служить следующие: функция принадлежности должна отражать близость к заранее выделенному эталону, объекты множества являются точками в параметрическом пространстве [Scala, 1978]; результатом процедуры обработки должна быть функция принадлежности, удовлетворяющая условиям интервальной шкалы [Жуковин и др., 1983]; при попарном сравнении объектов, если один объект оценивается в k раз сильнее, чем другой то второй объект оценивается в \sqrt{k} раз сильнее, чем первый объект [Saaty, 1974]. и т. д.

Как правило, прямые методы используются для описания понятий, которые характеризуются измеримыми признаками (высотой, ростом, массой, объемом).

В этом случае удобно непосредственное задание функции принадлежности. К прямым методам можно отнести методы, основанные на вероятностной трактовке функций принадлежности: $a(u) = P(a/u)$, т. е. вероятность того, что объект $u \in U$ будет принадлежать к множеству, которое характеризует понятием a . Так как люди часто искажают оценки, например сдвигают их в направлении концов оценочной шкалы [Thole et al., 1979]. то прямые измерения, основанные на непосредственном определении значений функции принадлежности, могут быть использованы только в том случае, когда такие искажения незначительны или маловероятны. Косвенные методы более трудоемки, чем прямые, но обладают стойкостью к искажениям

в ответе. Результатом применения косвенных методов является интервальная шкала. В [Thole et al., 1979] выдвигается для косвенных методов "условие безоговорочного экстремума": при определении степени принадлежности множество исследуемых объектов должно содержать по крайней мере два объекта, численные представления которых на интервале $[0, 1]$ - 0 и 1 соответственно.

Функции принадлежности могут отражать мнение как некоторой группы экспертов, так и одного уникального эксперта. Комбинируя возможные два метода построения функций принадлежности с двумя типами экспертов (коллективным и уникальным), можно получить четыре типа экспертизы [Блишун, 1988]

12.6. Пример формализации качественных знаний

При анализе ситуации эксперт рассуждает в семантическом пространстве (пространстве шкал), в котором ситуации соответствует оцененный образ. Семантическое пространство аналогично субъективному пространству ощущений в котором формируется внутренний образ внешних сигналов и возникают субъективные связи между свойствами (признаками, параметрами). В зависимости от индивидуального восприятия одно и то же значение признака может быть оценено по-разному. Однако для конкретного индивидуума оцененная ситуация является инвариантом относительно определенного класса ситуаций. Следовательно при отождествлении реальных значений признаков с семантическим образом существенной является форма нечеткого отображения пространства признаков в семантическое пространство.

Таблица 2.1

Тип шкалы	Аксиомы	Примечания
Номинальная	$a \sim b$ или $a \not\sim b$, $a \sim a$ Если $a \sim b$, $b \sim c$, то $a \sim c$ Если $a \sim b$, то $b \sim a$	Знак: читается как «такое, что» D — четырехместное отношение P, R, I — двухместные отношения
Порядковая	Не существует $a \in U : a > a$ Если $a > b$, $b > c$, то $a > c$	$P : aPb \Rightarrow abDaa$ $I : aIb \Leftrightarrow abDbc, baDab$
Интервальная	Если $abDcd, cdDef$, то $abDef$ $abDcd$ или $cdDab$ Если $abDcd$, то $acDbd$ Если $abDcd$, то $dcDba$ Существует $c \in U : acDcb, cbDac$	$M : abMcd \Leftrightarrow \{abDcd, cdDab, bIc\}$ $M^n : abM^ncd \Leftrightarrow abMcd$ $abM^{n+1}cd \Leftrightarrow \{\exists e, f \in U : abM^nef, efMcd\}$
Отношений	Если aPb и $abDcd$, то существует $e \in U : aPe, ePb, cdDae$ Если $aPb, abDcd$, то существуют $e, f \in U$ и $n : ceM^nf$ Если aRb, bRc , то aRc ($a \circ b$) $\circ cRa$ ($b \circ c$) Если aRb , то $a \circ cRc \circ b$ Если \overline{aRb} , то существует $a \in U : aRb \circ c, \overline{b \circ bRa}$ Если aRb , то существует $n : bRna$	\circ — операция: $1 \circ a = a$ $n \circ a = (n-1) \circ a \circ a$

Отображение любой ситуации на единичный интервал происходит таким образом, что точка интервала характеризует степень проявления некоторого свойства (0 соответствует отсутствию свойства, 1-интересующему нас максимальному проявлению свойства). При построении функции принадлежности используется модель измерений, которая определяется двумя параметрами: типом шкалы принадлежности, на которую отображается информация от эксперта" и типом измерения (прямой или косвенный). Шкала называется фундаментальной, если она допускает прямое взаимодействие множества U и того нечеткого свойства, которое нас интересует. Такая шкала дает возможность прямого измерения субъективного восприятия нечетких множеств на U со свойствами понятия a [Yager, 1982; Norwich et al, 1984]. В табл. 2.1 приведены наиболее часто встречающиеся типы шкал и связанные с ними аксиомы.

Процесс формализации знаний, полученных у эксперта, состоит из следующих шагов: выбор метода измерения нечеткости, получение исходных данных посредством опроса эксперта, реализация алгоритма построения функции принадлежности. Известные методы формализации нечеткости систематизированы в табл. 2.2. В процессе

реализации метода используются следующие характеристики: тип метода измерения (П - прямой, К - косвенный); интерпретация принадлежности (ВЧ-вероятность частотная, ВС-вероятность субъективная, В - возможность, Д - детерминированная); процедура получения исходных данных (ОФ - определение функции принадлежности в виде формул, ОЗ-назначение значений принадлежности" ОДН-оценивание типа "да-нет"; ОПО- оценивание пар объектов; Р-ранжирование, РП-ранжирование пар объектов, ПС-парное сравнение); измерений (Ф-фундаментальное, П-производное)'. тип шкалы (Н-номинальная" П-порядковая, И-интервальная, О- отношений, А - абсолютная),

Приведем пример измерения нечеткости. Множество оценок сходства приведено в табл. 2.3. В [Горячев и др., 1984] предполагается, что при оценке сходства используются числовые значения из табл. 2.3. Процедура формирования значений функции принадлежности следующая: 1) фиксация понятия "Сходство";

2) ранжирование пар оценок сходства из табл. 2.3 по сходству в парах (чем больше сходство, тем меньше ранг); матрица сравнения пар оценок сходства приводится в табл. 2.4, 2 5 соответственно в строчной и матричной форме.

Литература

1. Логический подход к искусственному интеллекту. / Под ред. Гаврилова Г.П. - М.: Мир,1990.
2. Эндрю А. Искусственный интеллект / Под ред. Поспелова Д.А. - М.: Мир, 1985.
3. Internet.

13. Системы понимания естественного языка

1. Введение

2. Предпосылки возникновения систем понимания естественного языка
3. Понимание в диалоге
4. Примеры системы обработки естественного языка
5. Методы озвучивания речи
6. Наиболее распространенные системы синтеза речи
7. Речевой вывод информации
8. Автоматический компьютерный синтез речи по тексту
 - Методы синтеза речи
 - Обобщенная функциональная структура синтезатора
 - Модуль лингвистической обработки
 - Лингвистический анализ
 - Формирование просодических характеристик
9. Синтезатор русской речи
 - Язык формальной записи правил синтеза
 - Интонационное обеспечение
 - Аллофонная база данных
 - Лингвистический анализ
 - Инструментарий синтеза русской речи
10. Система распознавания речи
 - Акустическая модель
 - Лингвистическая модель
11. Классификация систем распознавания речи
12. Заключение
13. Литература

Процесс общения с машиной долгое время оставался уделом специалистов и был недоступен для понимания простым смертным. Тем самым "простым смертным", которые, собственно говоря, и являлись потребителями компьютерных услуг. Технологи зачастую самой ЭВМ и в глаза-то не видели, а общались с машиной через посредника-программиста. Компьютерный интерфейс на первых этапах развития вычислительной техники в качестве обязательного элемента непременно включал человека-специалиста.

13.1. Предпосылки возникновения систем понимания естественного языка

Мало кто знает, как человек общался с первыми вычислительными машинами. Происходило это так: оператор, используя провода с разъемами на концах, соединял между собой триггеры (из которых, собственно, и состояла машина) таким образом, чтобы при запуске выполнялась нужная последовательность команд. Внешне это очень напоминало манипуляции телефонных АТС начала XX века, а по сути - было очень квалифицированной работой. Можно сказать, программирование тогда осуществлялось даже не в машинных командах, а на аппаратном уровне. Потом задача упростилась: последовательность нужных команд стали записывать непосредственно в память машины. Для ввода информации стали применяться более производительные устройства. Сначала это были группы тумблеров, переключая которые, оператор (или программист - тогда эти понятия означали одно и то же) мог набрать нужную команду и ввести ее в память машины. Затем появились перфокарты. Следом - перфоленты. Скорость общения с машиной возросла, число ошибок, возникающих при вводе, резко уменьшилось. Но сущность этого общения, его характер - не изменились.

Возможность впервые пообщаться напрямую появилась на так называемых малых машинах. Тогда диковинная возможность отстучать на клавиатуре адресованную непосредственно машине команду и получить осмысленный отклик казалась чудом. Особенно если до тех пор весь процесс общения с машиной заключался в передаче в руки лаборанта колоды перфокарт. С тем чтобы через пару дней получить назад эту колоду с комментарием: "У вас тут ошибка, программа не пошла". Измученным такого рода пользователям скудный диалоговый режим командной строки казался верхом совершенства. Именно ему сначала малые ЭВМ, а потом и персоналки во многом обязаны своим триумфальным шествием. Любой потребитель компьютерных услуг мог, не вдаваясь в технические трудности и выучив всего пару десятков команд операционной системы, общаться с компьютером без посредников. Тогда впервые возникло такое понятие, как "юзер", и именно появлению диалогового режима история приписывает взлет и расцвет многих компьютерных

компаний, таких, например, как DEC. А потом появился интерфейс графический: отпала нужда в знании вообще каких-либо команд, и юзер стал общаться со своим железным другом на интуитивно понятном языке жестов. На горизонте замаячил призрак звукового интерфейса...

13.2. Понимание в диалоге

Как бы то ни было, продолжают поиски такого интерфейса, который устроил бы всех. На эту роль сейчас претендует интерфейс речевой. Собственно говоря, это как раз то, к чему человечество всегда стремилось в общении с компьютером. Еще в эпоху перфокарт в научно-фантастических романах человек с компьютером именно разговаривал, как с равным себе. Тогда же, в эпоху перфокарт, или даже ранее, были предприняты первые шаги по реализации речевого интерфейса. Работы в этом направлении велись еще в то время, когда о графическом интерфейсе никто даже и не помышлял. За сравнительно короткий период был выработан исчерпывающий теоретический базис, и практические достижения обуславливались только производительностью компьютерной техники. Исследователи недалеко продвинулись за прошедшие десятки лет, что заставляет некоторых специалистов крайне скептически относиться к самой возможности реализации речевого интерфейса в ближайшем будущем. Другие считают, что задача уже практически решена. Впрочем, все зависит от того, что следует считать решением этой задачи. Построение речевого интерфейса распадается на три составляющие.

Первая задача состоит в том, чтобы компьютер мог "понять" то, что ему говорит человек, то есть он должен уметь извлекать из речи человека полезную информацию. Пока что, на нынешнем этапе, эта задача сводится к тому, чтобы извлечь из речи смысловую ее часть, текст (понимание таких составляющих, как скажем, интонация, пока вообще не рассматривается). То есть эта задача сводится к замене клавиатуры микрофоном. Вторая задача состоит в том, чтобы компьютер воспринял смысл сказанного. Пока речевое сообщение состоит из некоего стандартного набора понятных компьютеру команд

(скажем, дублирующих пункты меню), ничего сложного в ее реализации нет. Однако вряд ли такой подход будет удобнее, чем ввод этих же команд с клавиатуры или при помощи мыши. Пожалуй, даже удобнее просто щелкнуть мышкой по иконке приложения, чем четко выговаривать (к тому же мешая окружающим): "Старт! Главное меню! Ворд!". В идеале компьютер должен четко "осмысливать" естественную речь человека и понимать, что, к примеру, слова "Хватит!" и "Кончай работу!" означают в одной ситуации разные понятия, а в другой - одно и то же. Третья задача состоит в том, чтобы компьютер мог преобразовать информацию, с которой он оперирует, в речевое сообщение, понятное человеку.

Пока окончательное решение существует только для третьей. По сути, синтез речи - это чисто математическая задача, которая в настоящее время решена на довольно хорошем уровне. И в ближайшее время, скорее всего, будет совершенствоваться только ее техническая реализация. Уже есть разного рода программы для чтения вслух текстовых файлов, озвучкой диалоговых окон, пунктов меню. Препятствием для окончательного решения первой задачи служит то, что никто до сих пор толком не знает, каким образом можно расчленивать нашу речь, чтобы извлечь из нее составляющие, в которых содержится смысл. В том звуковом потоке, который мы выдаем при разговоре, нельзя различить ни отдельных букв, ни слогов: даже, казалось бы, одинаковые буквы и слоги в разных словах на спектрограммах выглядят по-разному. Тем не менее многие фирмы уже имеют свои методики, позволяющие худо-бедно решить эту задачу. Во всяком случае, после предварительной тренировки современные системы распознавания речи работают довольно сносно и делают ошибок не больше, чем делали оптические системы распознавания печатных символов лет пять-семь назад. Что касается второй задачи, то она, по мнению большинства специалистов, не может быть решена без помощи систем искусственного интеллекта. Большие надежды есть на появление так называемых **квантовых компьютеров**. Если же подобные устройства появятся, это будет означать качественный переворот в вычислительных технологиях. Поэтому пока удел речевого интерфейса - всего лишь дублирование голосом команд, которые могут быть введены с клавиатуры или при помощи мыши. А здесь его преимущества сомнительны. Впрочем, есть одна область, которая для многих может оказаться очень привлекательной. Это речевой ввод текстов в компьютер. Действительно, чем стучать по клавиатуре, гораздо удобнее продиктовать все компьютеру, чтобы он записал услышанное в

текстовый файл. Здесь вовсе не требуется, чтобы компьютер осмысливал услышанное, а задача перевода речи в текст более или менее решена. Недаром большинство выпускаемых ныне программ "речевого интерфейса" ориентированы именно на ввод речи.

Хотя и здесь есть место для скепсиса. Если читать вслух, четко выговаривая слова, с паузами, монотонно, как это требуется для системы распознавания речи, то на машинописную страничку у меня уйдет пять минут.

Писать о речевом интерфейсе сложно. С одной стороны, тема абсолютно не нова, с другой - активное развитие и применение этой технологии только начинается (в который раз). С одной стороны, успели сформироваться устойчивые стереотипы и предубеждения, с другой - несмотря на почти полвека настойчивых усилий не нашли разрешения концептуальные вопросы, стоявшие еще перед родоначальниками речевого ввода.

Первый - и, пожалуй, основной - вопрос касается области применения. Поиск приложений, где распознавание речи могло бы продемонстрировать все свои достоинства, вопреки устоявшемуся мнению, является задачей далеко не тривиальной. Сложившаяся практика применения компьютеров вовсе не способствует широкому внедрению речевого интерфейса.

Становление современной компьютерной индустрии проходило под флагом графического интерфейса, альтернативы которому в круге задач, решаемых сегодня компьютерами, не существует. Массовые приложения: САПР, офисные и издательские пакеты, СУБД составляют основной объем интеллектуальной начинки компьютеров, оставляя в их нынешнем виде очень мало места для применения альтернативных моделей пользовательского интерфейса, в том числе и речевого.

Для подачи команд, связанных с позиционированием в пространстве, человек всегда пользовался и будет пользоваться жестами, то есть системой "руки- глаза". На этом принципе построен современный графический интерфейс. Перспектива замены клавиатуры и мыши блоком распознавания речи абсолютно отпадает. При этом выигрыш от возложения на него части функций управления настолько мал, что не смог предоставить достаточных оснований даже для пробного

внедрения в массовых компьютерах на протяжении уже более тридцати лет. Именно таким сроком оценивается существование коммерчески применимых систем распознавания речи.

Сегодня среди ведущих производителей систем распознавания речи не принято отдавать должное достижениям исследователей прошлых лет. Причина понятна: это не только в значительной степени снизит видимые показатели достигнутого ими прогресса, но и поспособствует возникновению вполне обоснованных сомнений в перспективности осуществляемых подходов вообще.

Для объективной оценки прогресса технологии распознавания речи сравните характеристики систем, реализованных в рамках проекта к 1976 году и систем, продвигаемых на рынок в настоящее время. Возникает два вопроса. Почему не нашли достойного применения разработки двадцатилетней давности и почему за такой продолжительный период не произошло видимого качественного сдвига в характеристиках конкретных систем? Ответ на первый вопрос частично изложен выше: основная проблема - в области применения. Можно добавить, что вопреки настойчиво навязываемому сегодня в маркетинговых целях (в частности, для продвижения процессоров ММХ) мнению, высокие требования данной технологии к вычислительным ресурсам не являлись основным препятствием к ее широкому внедрению. Возникновение схожих проблем у разработчиков графических систем привело к созданию и массовому применению графических аппаратных ускорителей, а не отказу от оконного интерфейса. При этом разрабатываемые речевые адаптеры не превосходят по себестоимости графических. Ответ на второй вопрос напрямую связан с первым. Технология, не находящая применения, не может себя прокормить и обеспечить свой рост. Кроме того, вполне возможно, что ориентация большинства исследовательских центров на увеличение распознаваемого словаря является ошибочной как с точки зрения применимости, так и с точки зрения научной перспективности. Еще в 1969 году в своем письме редактору журнала Акустического общества Америки Дж. Писес, сотрудник фирмы Bell Laboratories, указал на отсутствие явного прогресса в то время и возможности такого прогресса технологии распознавания речи в ближайшем будущем в связи с неспособностью компьютеров анализировать синтаксическую, семантическую и прагматическую информацию, содержащуюся в высказывании. Имеющийся барьер может быть преодолен только с развитием систем искусственного интеллекта - направлением, натолкнувшимся в 70-х XX в. на барьер сложности и

находящемся в настоящее время практически в полном забвении. Трудно надеяться на дальнейшее улучшение характеристик устройств речевого ввода, учитывая, что уже в 70-х годах XX в. их способность распознавать звуки речи превосходила человеческую. Данный факт был подтвержден серией экспериментов по сравнению уверенности распознавания человеком и компьютером слов иностранного языка и бессмысленных цепочек звуков. При отсутствии возможности подключения прагматических (смысловых), семантических и других анализаторов человек явно проигрывает.

Для иллюстрации приведенных выше, возможно, несколько спорных утверждений рассмотрим перспективу и основные проблемы применения систем речевого ввода текстов, особенно активно продвигаемых в последнее время. Для сравнения: спонтанная речь произносится со средней скоростью 2,5 слов в секунду, профессиональная машинопись - 2 слова в секунду, непрофессиональная - 0,4. Таким образом, на первый взгляд, речевой ввод имеет значительное превосходство по производительности. Однако оценка средней скорости диктовки в реальных условиях снижается до 0 слова в секунду в связи с необходимостью четкого произнесения слов при речевом вводе и достаточно высоким процентом ошибок распознавания, нуждающихся в корректировке. Речевой интерфейс естественен для человека и обеспечивает дополнительное удобство при наборе текстов. Однако даже профессионального диктора может не обрадовать перспектива в течение нескольких часов диктовать малопонятливому и немому (к этому еще вернемся) компьютеру. Кроме того, имеющийся опыт эксплуатации подобных систем свидетельствует о высокой вероятности заболевания голосовых связок операторов, что связано с неизбежной при диктовке компьютеру монотонностью речи.

Часто к достоинствам речевого ввода текста относят отсутствие необходимости в предварительном обучении. Однако одно из самых слабых мест современных систем распознавания речи - чувствительность к четкости произношения - приводит к потере этого, казалось бы, очевидного преимущества. Печатать на клавиатуре оператор учится в среднем 1-2 месяца. Постановка правильного произношения может занять несколько лет. Кроме того, дополнительное напряжение - следствие сознательных и подсознательных усилий по достижению более высокой распознаваемости - совсем не способствует сохранению нормального режима работы речевого аппарата оператора и значительно

увеличивает риск появления специфических заболеваний. Существует и еще одно неприятное ограничение применимости, сознательно не упоминаемое, на мой взгляд, создателями систем речевого ввода. Оператор, взаимодействующий с компьютером через речевой интерфейс, вынужден работать в звукоизолированном отдельном помещении либо пользоваться звукоизолирующим шлемом. Иначе он будет мешать работе своих соседей по офису, которые, в свою очередь, создавая дополнительный шумовой фон будут значительно затруднять работу речевого распознавателя. Таким образом, речевой интерфейс вступает в явное противоречие с современной организационной структурой предприятий, ориентированных на коллективный труд. Ситуация несколько смягчается с развитием удаленных форм трудовой деятельности, однако еще достаточно долго самая естественная для человека производительная и потенциально массовая форма пользовательского интерфейса обречена на узкий круг применения.

Ограничения применимости систем распознавания речи в рамках наиболее популярных традиционных приложений заставляют сделать вывод о необходимости поиска потенциально перспективных для внедрения речевого интерфейса приложений за пределами традиционной офисной сферы, что подтверждается коммерческими успехами узкоспециализированных речевых систем.

13.3. Примеры системы обработки естественного языка

Самый успешный на сегодня проект коммерческого применения распознавания речи - телефонная сеть фирмы AT&T. Клиент может запросить одну из пяти категорий услуг, используя любые слова. Он говорит до тех пор, пока в его высказывании встретится одно из пяти ключевых слов. Эта система в настоящее время обслуживает около миллиарда звонков в год. Данный вывод находится в противоречии с устоявшимися широко распространенными стереотипами и ожиданиями. Несмотря на то, что одним из наиболее перспективных направлений для внедрения систем распознавания речи может стать сфера компьютерных игр, узкоспециализированных реабилитационных программ для инвалидов, тепефонных и информационных систем,

ведущие разработчики речевого распознавания наращивают усилия по достижению универсализации и увеличения объемов словаря даже в ущерб сокращению процедуры предварительной настройки на диктора. А между тем именно эти приложения представляют очень низкие требования к объему распознаваемого словаря наряду с жесткими ограничениями, налагаемыми на предварительную настройку. Более того, распознавание спонтанной слитной речи практически топчется на месте с 70-х годов в силу неспособности компьютера эффективно анализировать неакустические характеристики речи. Даже Билл Гейтс, являющийся в смысле идеал прагматизма, оказался не свободен от исторически сложившихся стереотипов. Начав в 95-96 году с разработки собственной универсальной системы распознавания речи, провозгласил очередную эру повсеместного внедрения речевого интерфейса. Средства речевого планируются включить в стандартную поставку новой версии - чисто офисной операционной системы. При этом руководитель Microsoft упорно повторяет фразу о том, что скоро можно будет забыть о клавиатуре и мышши. Вероятно, он планирует продавать вместе с коробкой Windows NT акустические шлемы вроде тех, которые используют военные летчики и пилоты "Формулы 1". Кроме того, неужели Microsoft в ближайшем будущем прекратит выпуск Word, Excel и т. д.? Управлять графическими объектами экрана голосом, не имея возможности помочь руками, более чем затруднительно.

Говоря о речевом интерфейсе, часто делают упор на распознавание речи, забывая о другой его стороне - речевом синтезе. Заглавную роль в этом перекосе сыграло бурное развитие в последнее время систем, ориентированных на события, в значительной степени подавляющих отношение к компьютеру как активной стороне диалога. Еще относительно недавно (лет тридцать назад) подсистемы распознавания и синтеза речи рассматривались как части единого комплекса речевого интерфейса. Однако интерес к синтезу пропал достаточно быстро. Во-первых, разработчики не встретили даже десятой доли сложностей, с которыми они столкнулись при создании систем распознавания. Во-вторых, в отличие от распознавания синтез речи не демонстрирует значительных преимуществ перед другими средствами вывода информации из компьютера. Практически вся его ценность заключается в дополнении речевого ввода. Для человека естественным и привычным является именно диалог, а не монолог. Как следствие недооценки необходимости речевого ответа появляется повышенная утомляемость операторов, монотонность речи и ограниченность применимости речевого интерфейса. Чем может помочь слепому

компьютер, оснащенный распознавателем речи, если он лишен устройства обратной не визуальной связи?

Широко известен факт произвольной подстройки голоса под голос собеседника. Почему не использовать эту способность человека для увеличения безошибочности распознавания речи компьютером за счет корректировки произношения оператора с помощью двустороннего диалога? Кроме того, вполне возможно, что правильно организованный и модулированный синтез может в значительной степени снизить риск появления у оператора заболеваний, связанных с монотонностью речи и дополнительным напряжением. Повсеместное проникновение графического пользовательского интерфейса было обеспечено за счет совместного применения графического монитора, средства вывода графической информации, и мыши- для ее ввода, а также, не в последнюю очередь, благодаря гениальным концептуальным находкам в области оконного интерфейса фирмы Хегох.

Будущее речевого интерфейса в не меньшей степени зависит от умения современных разработчиков не только создать технологическую основу речевого ввода, но и гармонично слить технологические находки в единую логически завершенную систему взаимодействия "человек-компьютер".

13.4. Методы озвучивания речи

Теперь скажем несколько слов о наиболее распространенных методах озвучивания, то есть о методах получения информации, управляющей параметрами создаваемого звукового сигнала, и способах формирования самого звукового сигнала. Самое широкое разделение стратегий, применяемых при озвучивании речи, - это разделение на подходы, которые направлены на построение действующей модели речепроизводящей системы человека, и подходы, где ставится задача смоделировать акустический сигнал как таковой. Первый подход известен под названием артикуляторного синтеза. Второй подход представляется на сегодняшний день более простым, поэтому он гораздо лучше изучен и практически более успешен. Внутри него

выделяется два основных направления- формантный синтез по правилам и компилятивный синтез.

Формантные синтезаторы используют возбуждающий сигнал, который проходит через цифровой фильтр, построенный на нескольких резонансах, похожих на резонансы голосового тракта. Разделение возбуждающего сигнала и передаточной функции голосового тракта составляет основу классической акустической теории речеобразования.

Компилятивный синтез осуществляется путем склейки нужных единиц компиляции из имеющегося инвентаря. На этом принципе построено множество систем, использующих разные типы единиц и различные методы составления инвентаря. В таких системах необходимо применять обработку сигнала для приведения частоты основного тона, энергии и длительности единиц к тем, которыми должна характеризоваться синтезируемая речь. Кроме того, требуется, чтобы алгоритм обработки сигнала сглаживал разрывы в формантной (и спектральной в целом) структуре на границах сегментов. В системах компилятивного синтеза применяются два разных типа алгоритмов обработки сигнала: LP (сокр. англ. Linear Prediction - линейное предсказание) и PSOLA (сокр. англ. Pitch Synchronous Overlap and Add). LP-синтез основан в значительной степени на акустической теории речеобразования, в отличие от PSOLA-синтеза, который действует путем простого разбиения звуковой волны, составляющей единицу компиляции, на временные окна и их преобразования. Алгоритмы PSOLA позволяют добиваться хорошего сохранения естественности звучания при модификации исходной звуковой волны.

13.5. Наиболее распространенные системы синтеза речи

Наиболее распространенными системами синтеза речи на сегодня, очевидно, являются системы, поставляемые в комплекте со звуковыми платами. Если ваш компьютер оснащен какой-либо из них, существует значительная вероятность того, что на нем установлена система синтеза речи - увы, не русской, а английской речи, точнее, ее американского варианта. К большинству оригинальных звуковых плат Sound Blaster прилагается система Creative Text-Assist, а вместе со

звуковыми картами других производителей часто поставляется программа Mono1ogue компании First Byte.

TextAssist представляет собой реализацию формантного синтезатора по правилам и базируется на системе DECTalk, разработанной корпорацией Digital Equipment при участии известного американского фонетиста Денниса Клана (к сожалению, рано ушедшего из жизни). DECTalk до сих пор остается своего рода стандартом качества для синтеза речи американского варианта английского. Компания Creative Technologies предлагает разработчикам использовать TextAssist в своих программах с помощью специального TextAssistApi(AAPI). Поддерживаемые операционные системы - MS Windows и Windows 95; для Windws NT также существует версия системы DECTalk, изначально создававшейся для Digital Units. Новая версия TextAssist, объявленная фирмой Assotiative Computing, inc. и разработанная с использованием технологий DECTalk и Creative, является в то же время многоязычной системой синтеза, поддерживая английский, немецкий, испанский и французский языки. Это обеспечивается прежде всего использованием соответствующих лингвистических модулей, разработчик которых - фирма Lernout& Hauspie Speech Products, признанный лидер в поддержке многоязычных речевых технологий. В новой версии будет встроенный редактор словаря, а также специализированное устройство TextReader с кнопочным управлением работой синтезатора в разных режимах чтения текста.

Программа Monologue, предназначенная для озвучивания текста, находящегося в буфере обмена MS Windows, использует систему ProVoice. ProVoice - компилятивный синтезатор с использованием оптимального выбора режима компрессии речи и сохранения пограничных участков между звуками, разновидность TD-PS0LA. Рассчитан на американский и британский английский, немецкий, французский, латино-американскую разновидность испанского и итальянский языки. Инвентарь сегментов компиляции - смешанной размерности: сегменты - фонемы или аллофоны. Компания First Byte позиционирует систему ProVoice и программные продукты, основанные на ней, как приложения с низким потреблением процессорного времени. FirstByte также предлагает рассчитанную на мощные компьютеры систему артикуляторного синтеза PrimoVox для использования в приложениях телефонии. Для разработчиков: Mono1ogue Win32 поддерживает спецификацию Microsoft SAPI.

Мода на свободно распространяемые продукты не миновала и области приложений синтеза речи. MBR0LA- так называется система многоязычного синтеза, реализующая особый гибридный алгоритм компилятивного синтеза и работающая как под PC/ Windows 3.1, PC/Windows 95, так и под Sun4. Впрочем, система принимает на входе цепочку фонем, а не текст, и потому не является, строго говоря, системой синтеза речи по тексту. Формантный синтезатор Tru-Voice фирмы Centigram Communication Corporation(США) близок к описанным выше системам по архитектуре и предоставляемым возможностям, однако он поддерживает больше языков: американский английский, латино-американский, испанский, немецкий, французский, итальянский. Кроме того, в этот синтезатор включен специальный препроцессор, который обеспечивает быструю подготовку для чтения сообщений, получаемых по электронной почте, факсов и баз данных.

13.6. Речевой вывод информации

Речевой вывод информации из компьютера - проблема не менее важная, чем речевой ввод. Это вторая часть речевого интерфейса, без которой разговор с компьютером не может состояться. Мы имеем в виду прочтение вслух текстовой информации, а не проигрывание заранее записанных звуковых файлов. То есть выдачу в речевой форме заранее не известной информации. Фактически, благодаря синтезу речи по тексту открывается еще один канал передачи данных от компьютера к человеку, аналогичный тому, какой мы имеем благодаря монитору. Конечно, трудновато было бы передать рисунок голосом. Но вот услышать электронную почту или результат поиска в базе данных в ряде случаев было бы довольно удобно, особенно если в это время взгляд занят чем-либо другим.

С точки зрения пользователя, наиболее разумное решение проблемы синтеза речи - это включение речевых функций (в перспективе - многоязычных, с возможностями перевода) в состав операционной системы. Точно так же, как мы пользуемся командой PRINT, мы будем применять команду TALK или SPEAK. Такие команды появятся в меню общеупотребительных компьютерных приложений и в языках

программирования. Компьютеры будут озвучивать навигацию по меню, читать (дублировать голосом) экранные сообщения, каталоги файлов, и т. д. Важное замечание: пользователь должен иметь достаточные возможности по настройке голоса компьютера, в частности, при желании, суметь выключить голос совсем.

Вышеупомянутые функции и сейчас были бы не лишними для лиц, имеющих проблемы со зрением. Для всех остальных они создадут новое измерение удобства пользования компьютером и значительно снизят нагрузку на нервную систему и на зрение. По нашему мнению, сейчас не стоит вопрос, нужны синтезаторы речи в персональных компьютерах или нет. Вопрос в другом - когда они будут установлены на каждом компьютере. Осталось ждать, может быть, год или два.

13.7. Автоматический компьютерный синтез речи по тексту

13.7.1. Методы синтеза речи

Теперь, после оптимистического описания ближайшего будущего, давайте обратимся собственно к технологии синтеза речи. Рассмотрим какой-нибудь хотя бы минимально осмысленный текст. Текст состоит из слов, разделенных пробелами и знаками препинания. Произнесение слов зависит от их расположения в предложении, а интонация фразы - от знаков препинания. Более того, довольно часто и от типа применяемой грамматической конструкции: в ряде случаев при произнесении текста слышится явная пауза, хотя какие-либо знаки препинания отсутствуют. Наконец, произнесение зависит и от смысла слова! Сравните, например, выбор одного из вариантов "за 'мок" или "замо 'к" для одного и того же слова "замок".

Уже стартовый анализ проблемы показывает ее сложность. И в самом деле, на эту тему написаны десятки монографий, и огромное количество публикаций осуществляется ежемесячно. Поэтому мы здесь коснемся только самых общих, наиболее важных для понимания моментов.

13.7.2. Обобщенная функциональная структура синтезатора

Структура идеализированной системы автоматического синтеза речи состоит из нескольких блоков.

- Определение языка текста
- Нормализация текста
- Лингвистический анализ: синтаксический, морфемный анализ и т.д.
- Формирование просоидических характеристик
- Фонемный транскриптор
- Формирование управляющей информации
- Получение звукового сигнала

Она не описывает ни одну из существующих реально систем, но содержит компоненты, которые можно обнаружить во многих системах. Авторы конкретных систем, независимо от того, являются ли эти системы уже коммерческим продуктом или еще находятся в стадии исследовательской разработки, уделяют различное внимание отдельным блокам и реализуют их очень по-разному, в соответствии с практическими требованиями.

13.7.3. Модуль лингвистической обработки

Прежде всего, текст, подлежащий прочтению, поступает в модуль лингвистической обработки. В нем производится определение языка (в

многоязычной системе синтеза), а также отфильтровываются не подлежащие произнесению символы. В некоторых случаях используются спелчекеры (модули исправления орфографических и пунктуационных ошибок). Затем происходит нормализация текста, то есть осуществляется разделение введенного текста на слова и остальные последовательности символов. К символам относятся, в частности, знаки препинания и символы начала абзаца. Все знаки пунктуации очень информативны. Для озвучивания цифр разрабатываются специальные подблоки. Преобразование цифр в последовательности слов является относительно легкой задачей (если читать цифры как цифры, а не как числа, которые должны быть правильно оформлены грамматически), но цифры, имеющие разное значение и функцию, произносятся по-разному. Для многих языков можно говорить, например, о существовании отдельной произносительной подсистемы телефонных номеров. Пристальное внимание нужно уделить правильной идентификации и озвучиванию цифр, обозначающих числа месяца, годы, время, телефонные номера, денежные суммы и т. д. (список для различных языков может быть разным).

13.7.4. Лингвистический анализ

После процедуры нормализации каждому слову текста (каждой словоформе) необходимо приписать сведения о его произношении, то есть превратить в цепочку фонем или, иначе говоря, создать его фонемную транскрипцию. Во многих языках, в том числе и в русском, существуют достаточно регулярные правила чтения - правила соответствия между буквами и фонемами (звуками), которые, однако, могут требовать предварительной расстановки словесных ударений. В английском языке правила чтения очень нерегулярны, и задача данного блока для английского синтеза тем самым усложняется. В любом случае при определении произношения имен собственных, заимствований, новых слов, сокращений и аббревиатур возникают серьезные проблемы. Просто хранить транскрипцию для всех слов языка не представляется возможным из-за большого объема словаря и контекстных изменений произношения одного и того же слова во фразе.

Кроме того, следует корректно рассматривать случаи графической омонимии: одна и та же последовательность буквенных символов в различных контекстах порой представляет два различных слова/словоформы и читается по-разному (ср. выше приведенный пример слова "замок"). Часто удается решить проблему неоднозначности такого рода путем грамматического анализа, однако иногда помогает только использование более широкой семантической информации.

Для языков с достаточно регулярными правилами чтения одним из продуктивных подходов к переводу слов в фонемы является система контекстных правил, переводящих каждую букву/буквосочетание в ту или иную фонему, то есть автоматический фонемный транскриптор. Однако чем больше в языке исключений из правил чтения, тем хуже работает этот метод. Стандартный способ улучшения произношения системы состоит в занесении нескольких тысяч наиболее употребительных исключений в словарь. Альтернативное подходу "слово-буква-фонема" решение предполагает морфемный анализ слова и перевод в фонемы морфов (то есть значимых частей слова: приставок, корней, суффиксов и окончаний). Однако в связи с разными пограничными явлениями на стыках морфов разложение на эти элементы представляет собой значительные трудности. В то же время для языков с богатой морфологией, например, для русского, словарь морфов был бы компактнее. Морфемный анализ удобен еще и потому, что с его помощью можно определять принадлежность слов к частям речи, что очень важно для грамматического анализа текста и задания его просодических характеристик. В английских системах синтеза морфемный анализ был реализован в системе MITalk, для которой процент ошибок транскриптора составляет 5%.

Особую проблему для данного этапа обработки текста образуют имена собственные.

13.7.5. Формирование просодических характеристик

К просодическим характеристикам высказывания относятся его тональные, акцентные и ритмические характеристики. Их физическими

аналогами являются частота основного тона, энергия и длительность. В речи просодические характеристики высказывания определяются не только составляющими его словами, но также тем, какое значение оно несет и для какого слушателя предназначено, эмоциональным и физическим состоянием говорящего и многими другими факторами. Многие из этих факторов сохраняют свою значимость и при чтении вслух, поскольку человек обычно интерпретирует и воспринимает текст в процессе чтения. Таким образом, от системы синтеза следует ожидать примерно того же, то есть, что она сможет понимать имеющийся у нее на входе текст, используя методы искусственного интеллекта. Однако этот уровень развития компьютерной технологии еще не достигнут, и большинство современных систем автоматического синтеза стараются корректно синтезировать речь с эмоционально нейтральной интонацией. Между тем, даже эта задача на сегодняшний день представляется очень сложной.

Формирование просодических характеристик, необходимых для озвучивания текста, осуществляется тремя основными блоками, а именно: блоком расстановки синтагматических границ (паузы), блоком приписывания ритмических и акцентных характеристик (длительности и энергия), блоком приписывания тональных характеристик (частота основного тона). При расстановке синтагматических границ определяются части высказывания (синтагмы), внутри которых энергетические и тональные характеристики ведут себя единообразно и которые человек может произнести на одном дыхании. Если система не делает пауз на границах таких единиц, то возникает отрицательный эффект: слушающему кажется, что говорящий (в данном случае - система) задыхается. Помимо этого, расстановка синтагматических границ существенна и для фонемной транскрипции текста. Самое простое решение состоит в том, чтобы ставить границы там, где их диктует пунктуация. Для наиболее простых случаев, когда пунктуационные знаки отсутствуют, можно применить метод, основанный на использовании служебных слов. Именно эти методы используются в системах синтеза Pro-Se-2000, Infovox- 5A-101 и DECTaLk, причем в последней просодически ориентированный словарь, помимо служебных слов, включает еще и глагольные формы.

Задача приписывания тональных характеристик обычно ставится достаточно узко. В системах синтеза речи предложению, как правило, приписывается нейтральная интонация. Не предпринималось попыток моделировать эффекты более высокого уровня, такие, как

эмоциональная окраска речи, поскольку эту информацию извлечь из текста трудно, а часто и просто невозможно.

13.8. Синтезатор русской речи

В качестве примера рассмотрим разработку "Говорящая мышь" клуба голосовых технологий научного парка МГУ. (Известно, что в некоторых российских организациях и компаниях ведутся аналогичные разработки, однако подробных сведений в печати обнаружить не удалось.

В основе речевого синтеза лежит идея совмещения методов конкатенации и синтеза по правилам. Метод конкатенации при адекватном наборе базовых элементов компиляции обеспечивает качественное воспроизведение спектральных характеристик речевого сигнала, а набор правил - возможность формирования естественного интонационно-просодического оформления высказываний. Существуют и другие методы синтеза, может быть, в перспективе более гибкие, но дающие пока менее естественное озвучивание текста. Это, прежде всего, параметрический (формантный) синтез речи по правилам или на основе компиляции, развиваемый для ряда языков зарубежными исследователями. Однако для реализации этого метода необходимы статистически представительные акустико-фонетические базы данных и соответствующая компьютерная технология, которые пока доступны не всем.

13.8.1. Язык формальной записи правил синтеза

Для создания удобного и быстрого режима изменения и верификации правил, включенных в разные блоки синтезирующей системы, был разработан формализованный и в то же время содержательно прозрачный и понятный язык записи правил, который легко компилируется в исходные тексты программ. В настоящее время блок автоматического транскриптора насчитывает около 1000 строк, записанных на формализованном языке представления правил.

13.8.2. Интонационное обеспечение

Функция разработанных правил состоит в том, чтобы определить временные и тональные характеристики базовых элементов компиляции, которые при обработке синтагмы выбираются из библиотеки в нужной последовательности специальным процессором (блоком кодировки). Необходимые для этого предварительные операции над синтезируемым текстом: выделение синтагм, выбор типа интонации, определение степени выделенности (ударности-безударности) гласных и символьного звукового наполнения слоговых комплексов осуществляются блоком автоматического транскриптора.

Во временной процессор входят также правила, задающие длительность паузы после окончания синтагмы (конечной/неконечной), которые необходимы для синтеза связного текста. Предусмотрена также модификация общего темпа произнесения синтагмы и текста в целом, причем в двух вариантах: в стандартном - при равномерном изменении всех единиц компиляции - и в специальном, дающем возможность изменения длительности только гласных или только согласных.

Тональный процессор содержит правила формирования для одиннадцати интонационных моделей: нейтральная повествовательная интонация (точка), точковая интонация, типичная для фокусируемых ответов на вопросы; интонация предложений с контрастивным

выделением отдельных слов; интонация специального и общего вопроса; интонация особых противопоставительных или сопоставительных вопросов; интонация обращений, некоторых типов восклицаний и команд; два вида незавершенности, перечислительная интонация; интонация вставочных конструкций.

13.8.3. Аллофонная база данных

Необходимый речевой материал был записан в следующем режиме оцифровки: частота дискретизации 22 кГц с разрядностью 16 бит.

В качестве базовых элементов компиляции выбраны аллофоны, оптимальный набор которых и представляет собой акустико-фонетическую базу синтеза. Инвентарь базовых единиц компиляции включает в себя 1200 элементов, который занимает около 7 Мбайт памяти. В большинстве случаев элементы компиляции представляют собой сегменты речевой волны фонемной размерности. Для получения необходимой исходной базы единиц компиляции был составлен специальный словарь, который содержит слова и словосочетания с аллофонами во всех учитываемых контекстах. В нем содержится 1130 словоупотреблений.

13.8.4. Лингвистический анализ

На основе данных, полученных от остальных модулей синтеза речи и от аллофонной базы, программа формирования акустического сигнала позволяет осуществлять модификацию длительности согласных и гласных. Она дает возможность модифицировать длительность отдельных периодов на вокальных звуках, используя две или три точки тонирования на аллофонном сегменте, осуществляет модификацию энергетических характеристик сегмента и соединяет модифицированные аллофоны в единую слитную речь.

На этапе синтеза акустического сигнала программа позволяет получать разнообразные акустические эффекты -такие как реверберация, эхо, изменение частотной окраски.

Готовый акустический сигнал преобразуется в формат данных, принятый для вывода звуковой информации. Используются два формата: WAV (Waveform Audio File Format), являющийся одним из основных, или VOX (Voice File Format), широко используемый в компьютерной телефонии. Вывод также может осуществляться непосредственно на звуковую карту.

13.8.5. Инструментарий синтеза русской речи

Упомянутый выше инструментарий синтеза русской речи по тексту позволяет читать вслух смешанные русско-английские тексты. Инструментарий представляет собой набор динамических библиотек (DLL), в который входят модули русского и английского синтеза, словарь ударений русского языка, модуль правил произнесения английских слов. На вход инструментария подается слово или предложение, подлежащее произнесению, с выхода поступает звуковой файл в формате WAV или VOX, записываемый в память или на жесткий диск.

13.9. Система распознавания речи

Система распознавания речи состоит из двух частей. Эти части могут быть выделены в блоки или в подпрограммы. Для простоты скажем, что система распознавания речи состоит из акустической и лингвистической частей. Лингвистическая часть может включать в себя фонетическую, фонологическую, морфологическую, синтаксическую и семантическую модель языка.

Акустическая модель отвечает за представление речевого сигнала. Лингвистическая модель интерпретирует информацию, получаемую от акустической модели, и отвечает за представление результата распознавания потребителю.

13.9.1. Акустическая модель

Оба подхода имеют свои достоинства и недостатки. При разработке технических систем выбор подхода имеет первостепенное значение. Существует два подхода к построению акустической модели: изобретательский и бионический. Первый базируется на результатах поиска механизма функционирования акустической модели. При втором подходе разработчик пытается понять и смоделировать работу естественных систем.

13.9.2. Лингвистическая модель

Лингвистический блок подразделяется на следующие ярусы (слои, уровни): фонетический, фонологический, морфологический, лексический, синтаксический, семантический. Всего их шесть. За основу взят русский язык. Все ярусы суть априорная информация о структуре естественного языка, а, как известно, любая априорная информация об интересующем предмете увеличивает шансы принятия верного решения. На том стоит вся статистическая радиотехника. А естественный язык несет весьма сильно структурированную информацию, из чего, кстати, вытекает, что для каждого естественного языка может потребоваться своя уникальная лингвистическая модель (предвижу трудности с русификацией сложных систем распознавания речи). В соответствии с данной моделью на первом - фонетическом-уровне производится преобразование входного (для лингвистического блока) представления речи в последовательность фонем, как наименьших единиц языка. Считается, что в реальном речевом сигнале

можно обнаружить лишь аллофоны - варианты фонем, зависящие от звукового окружения. Но сути это не меняет. Обратите внимание, что фонемы сотоварищи могут переключаться в лингвистический блок. На следующем - фонологическом - уровне накладываются ограничения на комбинаторику фонем (аллофонов). Ограничение - это правило наизнанку, значит, опять есть полезная априорная информация: не все сочетания фонем (аллофонов) встречаются, а те, что встречаются, имеют различную вероятность появления, зависящую еще и от окружения. **Для описания этой ситуации используется математический аппарат цепей Маркова.** Далее, на морфологическом уровне оперируют со слогоподобными единицами речи более высокого уровня, чем фонема. Иногда они называются морфемами. Они накладывают ограничение уже на структуру слова, подчиняясь закономерностям моделируемого естественного языка. Лексический ярус охватывает слова и словоформы того или иного естественного языка, то есть словарь языка, так же внося важную априорную информацию о том, какие слова возможны для данного естественного языка. **Семантика устанавливает соотношения между объектами действительности и словами, их обозначающими. Она является высшим уровнем языка. При помощи семантических отношений интеллект человека производит как бы сжатие речевого сообщения в систему образов, понятий, представляющих суть речевого сообщения.** Отсюда следует вывод, что система должна быть "умной". Чем лучше у нее будет построена модель семантических связей, эквивалента "системы мысленных образов", тем больше вероятность правильно распознать речь.

13.10. Классификация систем распознавания речи

Классификация по назначению:

- командные системы
- системы диктовки текста

По потребительским качествам:

- диктороориентированные (тренируемые на конкретного диктора)
- дикторонезависимые
- распознающие отдельные слова
- распознающие слитную речь.

По механизмам функционирования:

- простейшие (корреляционные) детекторы
- экспертные системы с различным способом формирования и обработки базы знаний
- вероятностно-сетевые модели принятия решения, в том числе нейронные сети.

Заключение

Для человека естественным и привычным является именно диалог, а не монолог. Как следствие недооценки необходимости речевого ответа появляется повышенная утомляемость операторов, монотонность речи и ограниченность применимости речевого интерфейса. Чем может помочь слепому компьютер, оснащенный распознавателем речи, если он лишен устройства обратной не визуальной связи?

Широко известен факт произвольной подстройки голоса под голос собеседника. Почему не использовать эту способность человека для увеличения безошибочности распознавания речи компьютером за счет корректировки произношения оператора с помощью двустороннего диалога? Кроме того, вполне возможно, что правильно организованный и модулированный синтез может в значительной степени снизить риск появления у оператора заболеваний, связанных с монотонностью речи и дополнительным напряжением. Повсеместное проникновение графического пользовательского интерфейса было обеспечено за счет совместного применения графического монитора, средства вывода графической информации, и мыши- для ее ввода, а также, не в последнюю очередь, благодаря гениальным

концептуальным находкам в области оконного интерфейса фирмы Хегох.

Будущее речевого интерфейса в не меньшей степени зависит от умения современных разработчиков не только создать технологическую основу речевого ввода, но и гармонично слить технологические находки в единую логически завершенную систему взаимодействия "человек-компьютер". Основная работа еще впереди!!!

Литература

1. Компьютерра 08.12.97.p.26-43
2. Ю.М.Смирнов. Интеллектуализация ЭВМ.Москва,Высшая школа,1989 г.
3. Expert system saves 20 million L on pipeline management. C&I July, 1994, p.31.
4. P. Harmon. The Market for Intelligent Software Products. Intelligent Software Strategies 1992, v.8, n.2, pp.5-12.
5. D.R Perley. Migrating to Open Systems: Taming the Tiger. McGraw-Hill, 1993, p.252.
6. P. Harmon. The AI Tools Market The Market for Intelligent Software Building Tools. Part I. Intelligent Software Strategies, 1994, v 10, n.2, pp.1-14.
7. P. Harmon. The market for intelligent software products Intelligent Software Strategies, 1992, v.8, n.2, pp.5-12.
8. B.R. Clements and F. Preto. Evaluating Commercial Real Time Expert System Software for Use in the Process Industries. C&I, 1993, pp. 107-114.
9. B. Moore et al. Questions and Answers about G2. 1993. Gensym Corporation. pp.26-28.
10. B. Moore. Memorandum. 1993, April. Gensym Corporation.
11. Р. Богатырев. "Этот странный придуманный мир". Компьютерра. с.30-33. 1996 год.

14. Тенденции развития систем искусственного интеллекта

1. Введение
 2. Состояние и тенденции развития искусственного интеллекта
 3. Успехи систем искусственного интеллекта и их причины
 4. Экспертные системы реального времени - основное направление искусственного интеллекта
 5. Основные производители
 6. Архитектура экспертной системы реального времени
 7. Жизненный цикл приложения
 - Разработка прототипа приложения
 - Расширение прототипа до приложения
 - Тестирование приложения на наличие ошибок
 - Тестирование логики приложения и ограничений (по времени и памяти)
 - Сопровождение приложения
 8. Основные компоненты
 9. База знаний
 - Сущности и иерархия классов
 - Иерархия модулей и рабочих пространств
 - Структуры данных
 - Выполняемые утверждения
 10. Машина вывода, подсистема моделирования и планировщик
 11. Заключение
 12. Литература
-

Искусственный интеллект вообще и экспертные системы в частности прошли долгий и тернистый путь: первые увлечения (1960 год), лженаука (1960-65), успехи при решении головоломок и игр (1965-1975), разочарование при решении практических задач (1970-1985), первые успехи при решении ряда практических задач (1962-1992), массовое коммерческое использование при решении практических задач (1993-1995). Но основу коммерческого успеха по праву составляют экспертные системы и, в первую очередь, экспертные системы реального времени. Именно они позволили искусственному интеллекту перейти от игр и головоломок к массовому использованию при решении практически значимых задач.

14.1. Состояние и тенденции развития искусственного интеллекта

Программные средства, базирующиеся на технологии и методах искусственного интеллекта, получили значительное распространение в мире. Их важность, и, в первую очередь, экспертных систем и нейронных сетей, состоит в том, что данные технологии существенно расширяют круг практически значимых задач, которые можно решать на компьютерах, и их решение приносит значительный экономический эффект. В то же время, технология экспертных систем является важнейшим средством в решении глобальных проблем традиционного программирования: длительность и, следовательно, высокая стоимость разработки приложений; высокая стоимость сопровождения сложных систем; повторная используемость программ и т.п. Кроме того, объединение технологий экспертных систем и нейронных сетей с технологией традиционного программирования добавляет новые качества к коммерческим продуктам за счет обеспечения динамической модификации приложений пользователем, а не программистом, большей "прозрачности" приложения (например, знания хранятся на ограниченном естественном языке, что не требует

комментариев к ним, упрощает обучение и сопровождение), лучших графических средств, пользовательского интерфейса и взаимодействия.

По мнению специалистов [1], экспертные системы будут играть ведущую роль во всех фазах проектирования, разработки, производства, распределения, продажи, поддержки и оказания услуг. Их технология, получив коммерческое распространение, обеспечит революционный прорыв в интеграции приложений из готовых интеллектуально-взаимодействующих модулей.

Коммерческий рынок продуктов искусственного интеллекта в мире в 1993 году оценивался примерно в 0,9 млрд. долларов; из них 600 млн. приходится на долю США [2]. **Выделяют несколько основных направлений этого рынка: 1) экспертные системы; теперь их часто обозначают еще одним термином - "системы, основанные на знаниях"; 2) нейронные сети и "размытые" (fuzzy) логики; 3) естественно-языковые системы.** В США в 1993 году рынок между этими направлениями распределился так [2]: экспертные системы - 62%, нейронные сети - 26%, естественно-языковые системы - 12%. Рынок этот можно разделить и иначе: на системы искусственного интеллекта (приложения) и инструментальные средства, предназначенные для автоматизации всех этапов существования приложения. В 1993 году в общем объеме рынка США доля приложений составила примерно две, а доля инструментария - примерно одну треть [2].

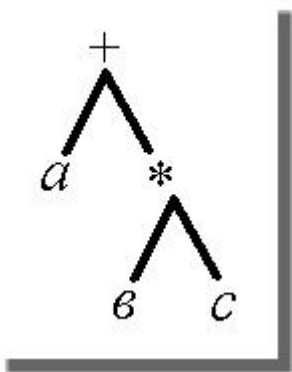
Одно из наиболее популярных направлений связано с понятием **автономных агентов**. Их нельзя рассматривать как "подпрограммы", - это скорее прислуга, даже компаньон, поскольку одной из важнейших их отличительных черт является автономность, независимость от пользователя. Идея агентов опирается на понятие делегирования своих функций. Другими словами, пользователь должен довериться агенту в выполнении определенной задачи или класса задач. Всегда существует риск, что агент может что-то перепутать, сделать что-то не так. Следовательно, доверие и риск должны быть сбалансированными. Автономные агенты позволяют существенно повысить производительность работы при решении тех задач, в которых на человека возлагается основная нагрузка по координации различных действий.

В том, что касается автономных (интеллектуальных) агентов, хотелось бы отметить один весьма прагматический проект, который ведется под руководством профессора Генри Либермана в Media-лаборатории MIT (MIT Media Lab). **Речь идет об агентах, отвечающих за**

автоматическое генерирование технической документации. Для решения этой задачи немало сделал в свое время академик Андрей Петрович Ершов, сформулировавший понятие деловой прозы как четко определенного подмножества естественного языка, которое может быть использовано, в частности, для синтеза технической документации (это одно из самых узких мест в любом производстве). Группа под руководством профессора Либермана исследует возможности нового подхода к решению этой проблемы, теперь уже на основе автономных агентов.

Следующее направление в области искусственной жизни - генетическое программирование (genetic programming) - является попыткой использовать метафору генной инженерии для описания различных алгоритмов. Строки (string) искусственной "генетической" системы аналогичны хромосомам в биологических системах. Законченный набор строк называется структурой (structure). Структуры декодируются в набор параметров, альтернативы решений или точку в пространстве решений. Строки состоят из характеристик, или детекторов, которые могут принимать различные значения. Детекторы могут размещаться на разных позициях в строке. Все это сделано по аналогии с реальным миром. В природных системах полный генетический пакет называется генотипом. Организм, который образуется при взаимодействии генотипа с окружающей средой, носит название фенотипа. Хромосомы состоят из генов, которые могут принимать разные значения. (Например, ген цвета для глаза животного может иметь значение "зеленый" и позицию 10).

В генетических алгоритмах роль основных строительных блоков играют строки фиксированной длины, тогда как в генетическом программировании эти строки разворачиваются в деревья, столь знакомые специалистам в области трансляции. Например, выражение $a+b*c$ выглядит так:



Ныне одним из лидеров в области генетического программирования является группа исследователей из Стэнфордского университета (Stanford University), работающая под руководством профессора Джона Коза. Генетическое программирование вдохнуло новую жизнь в хорошенько уже подзабытый язык LISP (List Processing), который создавался группой Джона Маккарти (того самого, кто в 60-е годы ввел в наш обиход термин "искусственный интеллект") как раз для обработки списков и функционального программирования. Кстати, именно этот язык в США был и остается одним из наиболее распространенных языков программирования для задач искусственного интеллекта.

14.2. Успехи систем искусственного интеллекта и их причины

Использование экспертных систем и нейронных сетей приносит значительный экономический эффект. Так, например: - American Express [1] сократила свои потери на 27 млн. долларов в год благодаря экспертной системе, определяющей целесообразность выдачи или отказа в кредите той или иной фирме; - DEC ежегодно экономит [1] 70 млн. долларов в год благодаря системе XCON/XSEL, которая по заказу покупателя составляет конфигурацию вычислительной системы VAX. Ее использование сократило число ошибок от 30% до 1%; - Sira

сократила затраты на строительство трубопровода в Австралии на 40 млн. долларов [3] за счет управляющей трубопроводом экспертной системы, реализованной на базе описываемой ниже системы G2. Коммерческие успехи к экспертным системам и нейронным сетям пришли не сразу. На протяжении ряда лет (с 1960-х годов) успехи касались в основном исследовательских разработок, демонстрировавших пригодность систем искусственного интеллекта для практического использования. Начиная примерно с 1985 (а в массовом масштабе, вероятно, с 1988-1990 годов), в первую очередь, экспертные системы, а в последние два года и нейронные сети стали активно использоваться в реальных приложениях. Причины, приведшие системы искусственного интеллекта к коммерческому успеху, следующие:

1. Специализация. Переход от разработки инструментальных средств общего назначения к проблемно/предметно специализированным средствам [4], что обеспечивает сокращение сроков разработки приложений, увеличивает эффективность использования инструментария, упрощает и ускоряет работу эксперта, позволяет повторно использовать информационное и программное обеспечение (объекты, классы, правила, процедуры).

2. Использование языков традиционного программирования и рабочих станций. Переход от систем, основанных на языках искусственного интеллекта (Lisp, Prolog и т.п.), к языкам традиционного программирования (C, C++ и т.п.) упростил "интегрированность" и снизил требования приложений к быстродействию и емкости памяти. **Использование рабочих станций вместо ПК** резко увеличило круг возможных приложений методов искусственного интеллекта.

3. Интегрированность. Разработаны инструментальные средства искусственного интеллекта, легко интегрирующиеся с другими информационными технологиями и средствами (с CASE, СУБД, контроллерами, концентраторами данных и т.п.).

4. Открытость и переносимость. Разработки ведутся с соблюдением стандартов, обеспечивающих данные характеристики [5].

5. Архитектура клиент/сервер. Разработка распределенной информационной системы в данной архитектуре позволяет снизить стоимость оборудования, используемого в приложении, децентрализовать приложения, повысить надежность и общую производительность, поскольку сокращается объем информации, пересылаемой между ЭВМ, и каждый модуль приложения выполняется на адекватном оборудовании.

Перечисленные причины могут рассматриваться как общие требования к инструментальным средствам создания систем искусственного интеллекта. Из пяти факторов, обеспечивших их успех в передовых странах, в России, пожалуй, полностью не реализованы четыре с половиной (в некоторых отечественных системах осуществлен переход к языкам традиционного программирования, однако они, как правило, ориентированы среду на MS-DOS, а не ОС UNIX или Windows NT. Кроме того, в России в ряде направлений исследования практически не ведутся, и, следовательно, в этих направлениях (нейронные сети; гибридные системы; рассуждения, основанные на прецедентах; рассуждения, основанные на ограничениях) нельзя ожидать и появления коммерческих продуктов.

Итак, в области искусственного интеллекта наибольшего коммерческого успеха достигли экспертные системы и средства для их разработки. В свою очередь, в этом направлении наибольшего успеха достигли проблемно/предметно специализированные средства. Если в 1988 году доход от них составил только 3 млн. долларов, то в 1993 году - 55 млн. долларов.

14.3. Экспертные системы реального времени - основное направление искусственного интеллекта

Среди специализированных систем, основанных на знаниях, наиболее значимы экспертные системы реального времени, или динамические экспертные системы. На их долю приходится 70 процентов этого рынка. Значимость инструментальных средств реального времени определяется не столько их бурным коммерческим успехом (хотя и это достойно тщательного анализа), но, в первую очередь, тем, что **только с помощью подобных средств создаются стратегически значимые приложения в таких областях, как управление непрерывными производственными процессами в химии, фармакологии, производстве цемента, продуктов питания и т.п., аэрокосмические исследования, транспортировка и переработка нефти и газа, управление атомными и тепловыми электростанциями, финансовые операции, связь и многие другие.**

Классы задач, решаемых экспертными системами реального времени, таковы: мониторинг в реальном масштабе времени, системы управления верхнего уровня, системы обнаружения неисправностей, диагностика, составление расписаний, планирование, оптимизация, системы-советчики оператора, системы проектирования.

Статические экспертные системы не способны решать подобные задачи, так как они не выполняют требования, предъявляемые к системам, работающим в реальном времени:

1. Представлять изменяющиеся во времени данные, поступающие от внешних источников, обеспечивать хранение и анализ изменяющихся данных.
2. Выполнять временные рассуждения о нескольких различных асинхронных процессах одновременно (т.е. планировать в соответствии с приоритетами обработку поступивших в систему процессов).
3. Обеспечивать механизм рассуждения при ограниченных ресурсах (время, память). Реализация этого механизма предъявляет требования к высокой скорости работы системы, способности одновременно решать несколько задач (т.е. операционные системы UNIX, VMS, Windows NT, но не MS-DOS).
4. Обеспечивать "предсказуемость" поведения системы, т.е. гарантию того, что каждая задача будет запущена и завершена в строгом соответствии с временными ограничениями. Например, данное требование не допускает использования в экспертной системе реального времени механизма "сборки мусора", свойственного языку Lisp.
5. Моделировать "окружающий мир", рассматриваемый в данном приложении, обеспечивать создание различных его состояний.
6. Протоколировать свои действия и действия персонала, обеспечивать восстановление после сбоя.
7. Обеспечивать наполнение базы знаний для приложений реальной степени сложности с минимальными затратами времени и труда (необходимо использование объектно-ориентированной технологии, общих правил, модульности и т.п.).
8. Обеспечивать настройку системы на решаемые задачи (проблемная/предметная ориентированность).
9. Обеспечивать создание и поддержку пользовательских интерфейсов для различных категорий пользователей.
10. Обеспечивать уровень защиты информации (по категориям пользователей) и предотвращать несанкционированный доступ.

Подчеркнем, что кроме этих десяти требований средства создания экспертных систем реального времени должны удовлетворять и перечисленным выше общим требованиям.

14.4. Основные производители

Инструментарий для создания экспертных систем реального времени впервые выпустила фирма Lisp Machine Inc в 1985 году. Этот продукт предназначался для символьных ЭВМ Symbolics и носил название Pison. Его успех привел к тому, что группа ведущих его разработчиков образовала фирму Gensym, которая, значительно развив идеи, заложенные в Pison, **выпустила в 1988 году инструментальное средство под названием G2**. В настоящий момент работает его третья версия и подготовлена четвертая [1,7]. С отставанием от Gensym на два-три года ряд других фирм начал создавать (или пытаться создавать) свои инструментальные средства. Назовем ряд из них: RT Works (фирма Talarian, США), COMDALE/C (Comdale Techn., Канада), COGSYS (SC, США), ILOG Rules (ILOG, Франция). Сравнение двух наиболее продвинутых систем, G2 и RT Works, которое проводилось путем разработки одного и того же приложения двумя организациями, NASA (США) и Storm Integration (США) [10], показало значительное превосходство первой.

14.5. Архитектура экспертной системы реального времени

Специфические требования, предъявляемые к экспертной системе реального времени, приводят к тому, что их архитектура отличается от архитектуры статических систем. Не вдаваясь в детали, отметим появление двух новых подсистем - моделирования внешнего окружения и сопряжения с внешним миром (датчиками,

контроллерами, СУБД и т.п.) - и значительные изменения, которым подвергаются оставшиеся подсистемы.

Для того, чтобы понять, что представляет из себя среда для создания экспертных систем реального времени, опишем ниже жизненный цикл такой системы, а также ее основные компоненты. Описание оболочки экспертной системы реального времени приведем на примере средства G2, поскольку в нем полностью реализованы возможности, которые считаются необходимыми и уместными в подобных программных продуктах.

14.6. Жизненный цикл приложения

Жизненный цикл приложения в G2 состоит из ряда этапов.

14.6.1. Разработка прототипа приложения

Разработчиком обычно является специалист в конкретной области знаний. Он в ходе обсуждений с конечным пользователем определяет функции, выполняемые прототипом. При разработке прототипа не используется традиционное программирование. Создание прототипа обычно занимает от одной до двух недель (при наличии у разработчика опыта по созданию приложений в данной среде. Прототип, как и приложение, создается на структурированном естественном языке, с использованием объектной графики, иерархии классов объектов, правил, динамических моделей внешнего мира. Многословность языка сведена к минимуму путем введения операции клонирования, позволяющей размножить любую сущность базы знаний.

14.6.2. Расширение прототипа до приложения

Конечный пользователь предлагает этапность проведения работ, направления развития базы знаний, указывает пропуски в ней. Разработчик может расширять и модифицировать базу знаний в присутствии пользователя даже в тот момент, когда приложение выполняется. В ходе этой работы прототип развивается до такого состояния, что начинает удовлетворять представлениям конечного пользователя. В крупных приложениях команда разработчиков может разбить приложение на отдельные модули, которые интегрируются в единую базу знаний.

Возможен и альтернативный подход к созданию приложения. При этом подходе каждый разработчик имеет доступ к базе знаний, находящейся на сервере, при помощи средства, называемого Telewindows, обычно расположенного на компьютереклиенте. В этом случае разработчики могут иметь различные авторизованные уровни доступа к приложению. Приложение может быть реализовано не только на различных ЭВМ, но и с использованием нескольких взаимодействующих оболочек G2.

14.6.3. Тестирование приложения на наличие ошибок

В G2 ошибки в синтаксисе показываются непосредственно при вводе конструкций (структур данных и исполняемых утверждений) в базу данных; эти конструкции анализируются инкрементно. Могут быть введены только конструкции, не содержащие синтаксических ошибок. Таким образом, отпадает целая фаза отладки приложения (свойственная традиционному программированию), что ускоряет разработку приложений.

Разработчик освобожден и от необходимости знать детальный синтаксис языка G2, так как при вводе в базу знаний некоторой конструкции ему в виде подсказки сообщается перечень всех возможных синтаксически правильных продолжений.

Для выявления ошибок и неопределенностей реализована возможность "Inspect", позволяющая просматривать различные аспекты базы знаний, например, "показать все утверждения со ссылками на неопределенные сущности (объекты, связи, атрибуты)", "показать графически иерархию заданного класса объектов", "показать все сущности, у которых значение атрибута Notes не ОК". (Данный атрибут есть у всех сущностей, представимых в языке G2; его значение - либо ОК, когда нет претензий к сущности, либо описание реальных или потенциальных проблем, например, ссылка на несуществующий объект, несколько объектов с одним именем и т.п.)

14.6.4. Тестирование логики приложения и ограничений (по времени и памяти)

Блок динамического моделирования позволяет при тестировании воссоздать различные ситуации, адекватные внешнему миру. Таким образом, логика приложения будет проверяться в тех условиях, для которых она создавалась. Конечный пользователь может принять непосредственное участие в тестировании благодаря управлению цветом (т.е. изменение цвета при наступлении заданного состояния или выполнения условия) и анимации (т.е. перемещение/вращение сущности при наступлении состояния/условия). Благодаря этому он сможет понять и оценить логику работы приложения, не анализируя правила и процедуры, а рассматривая графическое изображение управляемого процесса, технического сооружения и т.п.

Для проверки выполнения ограничений используется возможность "Meters", вычисляющая статистику по производительности и используемой памяти.

Полученное приложение полностью переносимо на различные платформы в среду UNIX (SUN, DEC, HP, IBM и т.д.), VMS (DEC VAX) и Windows NT (Intel, DEC Alpha). База знаний сохраняется в обычном ASCII-файле, который однозначно интерпретируется на любой из поддерживаемых платформ. Перенос приложения не требует его перекомпиляции и заключается в простом перемещении файлов.

Функциональные возможности и внешний вид приложения не претерпевают при этом никаких изменений. Приложение может работать как в "полной" (т.е. предназначенной для разработки) среде, так и под runtime, которая не позволяет модифицировать базу знаний.

14.6.5. Сопровождение приложения

Не только сам разработчик данного приложения, но и любой пользователь может легко его понять и сопровождать, так как все объекты/классы, правила, процедуры, функции, формулы, модели хранятся в базе знаний в виде структурированного естественного языка и в виде графических объектов. Для ее просмотра используется возможность "Inspect". Сопровождение упрощается за счет того, что различным группам пользователей выдается не вся информация, а только ее часть, соответствующая их потребностям.

14.7. Основные компоненты

Экспертная система реального времени состоит из базы знаний, машины вывода, подсистемы моделирования и планировщика.

14.8. Базы знаний

Все знания в G2 хранятся в двух типах файлов: базы знаний и библиотеки знаний. **В файлах первого типа хранятся знания о приложениях: определения всех объектов, объекты, правила,**

процедуры и т.п. В файлах библиотек хранятся общие знания, которые могут быть использованы более, чем в одном приложении, например, определение стандартных объектов. Файлы баз знаний могут преобразоваться в библиотеки знаний и обратно.

В целях обеспечения повторной используемости приложений реализовано средство, позволяющее объединять с текущим приложением ранее созданные базы и библиотеки знаний. При этом конфликты в объединяемых знаниях выявляются и отображаются на дисплее.

Знания структурируются: предусмотрены иерархия классов, иерархия модулей, иерархия рабочих пространств. Каждую из них можно показать на дисплее.

14.8.1. Сущности и иерархия классов

Класс, базовое понятие объектно-ориентированной технологии, - основа представления знаний в G2. Данный подход составляет основную тенденцию в программировании вообще, поскольку он уменьшает избыточность и упрощает определение классов (определяется не весь класс, а только его отличия от суперкласса), позволяет использовать общие правила, процедуры, формулы, уменьшает их число, да и является естественным для человека способом описания сущностей. При таком подходе структуры данных представляются в виде классов объектов (или определений объектов), имеющих определенные атрибуты. Классы наследуют атрибуты от суперклассов и передают свои атрибуты подклассам. Каждый класс (исключая корневой) может иметь конкретные экземпляры класса.

Все, что хранится в базе знаний и с чем оперирует система, является экземпляром того или иного класса. Более того, все синтаксические конструкции G2 являются классами. Для сохранения общности даже базовые типы данных - символьные, числовые, булевы и истинностные значения нечеткой логики - представлены соответствующими

классами. Описание класса включает ссылку на суперкласс и содержит перечень атрибутов, специфичных для класса.

Бр3ЮИерархия модулей и рабочих пространств

Для структуризации G2-приложений используются "модули" и "рабочие пространства". Несмотря на то, что функции этих конструкций схожи, между ними есть существенные различия.

Приложение может быть организовано в виде одной или нескольких баз знаний, называемых модулями. В последнем случае говорят, что приложение представлено структурой (иерархией) модулей. На верхнем уровне - один модуль верхнего уровня. Модули следующего уровня состоят из тех модулей, без которых не может работать модуль предыдущего уровня. Структурирование приложений позволяет разрабатывать приложение одновременно нескольким группам разработчиков, упрощает разработку, отладку и тестирование, позволяет изменять модули независимо друг от друга, упрощает повторное использование знаний.

Рабочие пространства являются контейнерным классом, в котором размещаются другие классы и их экземпляры, например, объекты, связи, правила, процедуры и т.д. Каждый модуль (база знаний) может содержать любое число рабочих пространств. Рабочие пространства образуют одну или несколько древовидных иерархий с отношением "is-a-part-of" ("является частью"). С каждым модулем ассоциируется одно или несколько рабочих пространств верхнего (нулевого) уровня; каждое из них - корень соответствующей иерархии. В свою очередь, с каждым объектом (определением объекта или связи), расположенным в нулевом уровне, может ассоциироваться рабочее пространство первого уровня, "являющееся его частью" и т.д.

Различие между "модулями" и "рабочими пространствами" состоит в следующем. Модули разделяют приложение на отдельные базы знаний, совместно используемые в различных приложениях. Они полезны в процессе разработки приложения, а не его исполнения. Рабочие пространства, наоборот, выполняют свою роль при исполнении приложения. Они содержат в себе различные сущности и обеспечивают разбиение приложения на небольшие части, которые легче понять и обрабатывать.

Рабочие пространства можно устанавливать (вручную или действием в правиле/процедуре) в активное или неактивное состояние (при этом сущности, находящиеся в этом пространстве и в его подпространствах, становятся невидимыми для механизма вывода). Данный механизм используется, например, при наличии альтернативных групп правил, когда активной должна быть только одна из них.

Кроме того, рабочие пространства используются для определения пользовательских ограничений, определяющих разное поведение приложения для различных категорий пользователей.

Структуры данных

Сущности в базе знаний с точки зрения их использования можно разделить **на структуры данных и выполняемые утверждения. Примерами первых являются объекты и их классы, связи (connection), отношения (relation), переменные, параметры, списки, массивы, рабочие пространства. Примерами вторых - правила, процедуры, формулы, функции.**

Выделяют объекты (и классы), встроенные в систему и вводимые пользователем. При разработке приложения, как правило, создаются подклассы, отражающие специфику данного приложения. Среди встроенных подклассов объектов наибольший интерес представляет подкласс данных, включающий подклассы переменных, параметров, списков и массивов.

Особая роль отводится переменным. В отличие от статических систем переменные делятся на три вида: собственно переменные, параметры и простые атрибуты. Параметры получают значения в результате работы машины вывода или выполнения какой-либо процедуры. Переменные представляют измеряемые характеристики объектов реального мира и поэтому имеют специфические черты: время жизни значения и источник данных. Время жизни значения переменной определяет промежуток времени, в течение которого это значение актуально, по истечении этого промежутка переменная считается не имеющей значения.

14.8.2. Выполняемые утверждения

Основу выполняемых утверждений баз знаний составляют правила и процедуры. Кроме того, есть **формулы, функции, действия и т.п.** **Правила в G2 имеют традиционный вид: левая часть (антецедент) и правая часть (консеквент).** Кроме if-правила, используется еще четыре типа правил: *initially*, *unconditionally*, *when* и *whenever*. Каждое из типов правил может быть как общим, т.е. относящимся ко всему классу, так и специфическим, относящимся к конкретным экземплярам класса.

Возможность представлять знания в виде общих правил, а не только специализированных, позволяет минимизировать избыточность базы знаний, упрощает ее наполнение и сопровождение, сокращает число ошибок, способствует повторной используемости знаний (общие правила запоминаются в библиотеке и могут использоваться в сходных приложениях).

Несмотря на то что продукционные правила обеспечивают достаточную гибкость для описания реакций системы на изменения окружающего мира, в некоторых случаях, когда необходимо выполнить жесткую последовательность действий, например, запуск или остановку комплекса оборудования, более предпочтителен процедурный подход. Язык программирования, используемый в G2 для представления процедурных знаний, является достаточно близким родственником Паскаля. Кроме стандартных управляющих конструкций язык расширен элементами, учитывающими работу процедуры в реальном времени: ожидание наступления событий, разрешение другим задачам прерывать ее выполнение, директивы, задающие последовательное или параллельное выполнение операторов. Еще одна интересная особенность языка - итераторы, позволяющие организовать цикл над множеством экземпляров класса.

14.9. Машина вывода, подсистема моделирования и планировщики

Главный недостаток прямого и обратного вывода, используемых в статических экспертных системах, - непредсказуемость затрат времени на их выполнение. С точки зрения динамических систем, полный перебор возможных к применению правил - nepозволительная роскошь. В связи с тем, что G2 ориентирована на приложения, работающие в реальном времени, в машине вывода должны быть средства для сокращения перебора, для реакции на непредвиденные события и т.п. Для машины вывода G2 характерен богатый набор способов возбуждения правил. Предусмотрено девять случаев:

1. Данные, входящие в антецедент правила изменились (прямой вывод - forward chaining).
2. Правило определяет значение переменной, которое требуется другому правил или процедуре (обратный вывод - backward chaining).
3. Каждые n секунд, где n - число, определенное для данного правила (сканирование - scan).
4. Явное или неявное возбуждение другим правилом - путем применения действий фокусирования и возбуждения (focus и invoke).
5. Каждый раз при запуске приложения.
6. Входящей в антецедент переменной присвоено значение, независимо от того, изменилось оно или нет.
7. Определенный объект на экране перемещен пользователем или другим правилом.
8. Определенное отношение между объектами установлено или уничтожено.
9. Переменная не получила значения в результате обращения к своему источнику данных.

Если первые два способа достаточно распространены и в статических системах, а третий хорошо известен как механизм запуска процедур-демонов, то остальные являются уникальной особенностью системы G2. В связи с тем, что G2-приложение управляет множеством одновременно исполняемых задач, необходим планировщик. Хотя пользователь никогда не взаимодействует с ним, планировщик контролирует всю активность, видимую пользователем, и активность фоновых задач. Планировщик определяет порядок обработки задач,

взаимодействует с источниками данных и пользователями, запускает процессы и осуществляет коммуникацию с другими процессами в сети.

Подсистема моделирования G2 - достаточно автономная, но важная часть системы. На различных этапах жизненного цикла прикладной системы она служит достижению различных целей. Во время разработки подсистема моделирования используется вместо объектов реального мира для имитации показаний датчиков. Очевидно, что проводить отладку на реальных объектах может оказаться слишком дорого, а иногда (например, при разработке системы управления атомной станцией) и небезопасно.

На этапе эксплуатации прикладной системы процедуры моделирования выполняются параллельно функциям мониторинга и управления процессом, что обеспечивает следующие возможности:

- верификация показаний датчиков во время исполнения приложения;
- подстановка модельных значений переменных при невозможности получения реальных значений (выход из строя датчика или длительное время реакции на запрос).

Как видим, играя роль самостоятельного агента знаний, подсистема моделирования повышает жизнеспособность и надежность приложений. Для описания внешнего мира подсистема моделирования использует уравнения трех видов: алгебраические, разностные и дифференциальные (первого порядка).

Заключение

Рассмотренные в статье тенденции развития искусственного интеллекта позволяют утверждать, что одним из основных направлений в этой области являются экспертные системы реального времени. Рассмотрение проведено на примере оболочки экспертных систем реального времени G2, представляющей собой самодостаточную среду для разработки, внедрения и сопровождения

приложений в широком диапазоне отраслей. G2 объединяет в себе как универсальные технологии построения современных информационных систем (стандарты открытых систем, архитектура клиент/сервер, объектно-ориентированное программирование, использование ОС, обеспечивающих параллельное выполнение в реальном времени многих независимых процессов), так и специализированные методы (рассуждения, основанные на правилах, рассуждения, основанные на динамических моделях, или имитационное моделирование, процедурные рассуждения, активная объектная графика, структурированный естественный язык для представления базы знаний), а также интегрирует технологии систем, основанных на знаниях с технологией традиционного программирования (с пакетами программ, с СУБД, с контроллерами и концентраторами данных и т.д.).

Все это позволяет с помощью данной оболочки создавать практически любые большие приложения значительно быстрее, чем с использованием традиционных методов программирования, и снизить трудозатраты на сопровождение готовых приложений и их перенос на другие платформы.

Литература

1. F. Hayes-Roth, N. Jacobstein. The State of Knowledge-Based Systems. Communications of the ACM, March, 1994, v.37, n.3, pp.27-39.
2. P. Harmon. The Size of the Commercial AI Market in the US. Intelligent Software Strategies. 1994, v.10, n.1, pp. 1-6.
3. Expert system saves 20 million L on pipeline management. C&I July, 1994, p.31.
4. P. Harmon. The Market for Intelligent Software Products. Intelligent Software Strategies 1992, v.8, n.2, pp.5-12.
5. D.R Perley. Migrating to Open Systems: Taming the Tiger. McGraw-Hill, 1993, p.252.
6. P. Harmon. The AI Tools Market The Market for Intelligent Software Building Tools. Part I. Intelligent Software Strategies, 1994, v 10, n.2, pp.1-14.

7. P. Harmon. The market for intelligent software products *Intelligent Software Strategies*, 1992, v.8, n.2, pp.5-12.
 8. B.R. Clements and F. Preto. Evaluating Commercial Real Time Expert System Software for Use in the Process Industries. *C&I*, 1993, pp. 107-114.
 9. B. Moore et al. Questions and Answers about G2. 1993. Gensym Corporation. pp.26-28.
 10. B. Moore. Memorandum. 1993, April. Gensym Corporation.
 11. Р. Богатырев. "Этот странный придуманный мир". *Компьютерра*. с.30-33. 1996 год.
-

Литература

10. Литература

1. Ахо А., Холкрофт Д., Ульман Д. Структуры данных и алгоритмы. – Вильямс 2000.
2. Бен-Ари М. Языки программирования. Практический сравнительный анализ. – М.: Мир 2000.
3. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. – Невский Диалект 2001.
4. Зубов В.С. Структуры и методы обработки данных. Практикум в среде Delphi – Филинь 2004.
5. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Тома 1-3. – Вильямс 2000.
6. Кубенский А. Создание и обработка структур данных в примерах на Java. – ВHV-СПб 2003.
7. Роберт Седжвик. Фундаментальные алгоритмы на С. Части 1-5. – Диасофт 2003.
8. Таланов В.А., Алексеев В.Е. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений. – Бином 2006.

- *Robin Milner* A Theory of Type Polymorphism in Programming (англ.). — Jcss, 1978. — Vol. 17. — P. 348–375.
- *Stavros Macrakis* Safety and power (англ.) // ACM SIGSOFT Software Engineering Notes. — 1982. — Vol. 7, iss. 2, no. April. — P. 25–26. — DOI:10.1145/1005937.1005941.
- *Luca Cardelli, Peter Wegner* On Understanding Types, Data Abstraction, and Polymorphism (англ.). — ACM Computing Surveys, 1985. — P. 471-523. — ISSN 0360-0300.
- *Альфред Ахо, Рави Сети, Джеффри Ульман*. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты. — Addison-Wesley Publishing Company, Издательский дом «Вильямс», 1985, 2001, 2003. — 768 с. — ISBN 5-8459-0189-8 (рус.), 0-201-10088-6 (ориг.).
- *Лука Карделли*^[en] Typeful programming (англ.) // IFIP State-of-the-Art Reports. — Springer-Verlag, 1991. — Iss. Formal Description of Programming Concepts. — P. 431–507.
- *Andrew W. Appel* A Critique of Standard ML (англ.). — Princeton University, revised version of CS-TR-364-92, 1992.
- *Andrew K. Wright, Matthias Felleisen*^[en] A Syntactic Approach to Type Soundness (англ.) // Information and Computation. — 1992. — Vol. 115, iss. 1. — P. 38–94. — DOI:10.1006/inco.1994.1093.
- *Lawrence C. Paulson*. ML for the Working Programmer. — 2nd. — Cambridge University Press, 1996. — 492 с. — ISBN 0-521-57050-6 (твёрдый переплёт), 0-521-56543-X (мягкий переплёт).
- *Pierce, Benjamin C.* Types and Programming Languages. — MIT Press, 2002. — ISBN 0-262-16209-1.
 - Перевод на русский язык: *Пирс Б.* Типы в языках программирования. — Добросвет, 2012. — 680 с. — ISBN 978-5-7913-0082-9.
- *John C. Mitchell*. Concepts in Programming Languages. — Cambridge University Press, 2004. — ISBN 0-511-04091-1 (eBook in netLibrary); 0-521-78098-5 (hardback).
- *Harper*. Practical Foundations for Programming Languages. — version 1.37 (revised 01.11.2014). — licensed under the Creative Commons Attribution-Noncommercial-No Derivative Works 3.0 United States License., 2012. — 544 с.
- *Vijay Saraswat*^[en]. Java is not type-safe.

объектно-ориентированного и модульного программирования.

15. Нейронные сети

15. 1. Что такое нейронные сети?

Каждый нейрон получает сигналы от соседних нейронов по специальным нервным волокнам. Эти сигналы могут быть возбуждающими или тормозящими. Их сумма составляет электрический потенциал внутри тела нейрона. Когда потенциал превышает некоторый порог, нейрон переходит в возбужденное состояние и посылает сигнал по выходному нервному волокну. Отдельные искусственные нейроны соединяются друг с другом различными методами. Это позволяет создавать разнообразные нейронные сети с различной архитектурой, правилами обучения и возможностями.

Термин “искусственные нейронные сети” у многих ассоциируется с фантазиями об андроидах и бунте роботов, о машинах, заменяющих и имитирующих человека. Это впечатление усиливают многие разработчики нейросистем, рассуждая о том, как в недалеком будущем, роботы начнут осваивать различные виды деятельности, просто наблюдая за человеком.

Если переключиться на уровень повседневной работы, то нейронные сети это всего-навсего сети, состоящие из связанных между собой простых элементов формальных нейронов. Большая часть работ по нейронинформатике посвящена переносу различных алгоритмов решения задач на такие сети.

В основу концепции положена идея о том, что нейроны можно моделировать довольно простыми автоматами, а вся сложность мозга, гибкость его функционирования и другие важнейшие качества определяются связями между нейронами. Каждая связь представляется как совсем простой элемент, служащий для передачи сигнала. Коротко эту мысль можно выразить так: “структура связей все, свойства элементов ничто”.

Совокупность идей и научно-техническое направление, определяемое описанным представлением о мозге, называется коннекционизмом (connection связь). С реальным мозгом все это соотносится примерно

так же, как карикатура или шарж со своим прототипом. Важно не буквальное соответствие оригиналу, а продуктивность технической идеи.

С коннекционизмом тесно связан следующий блок идей:

однородность системы (элементы одинаковы и чрезвычайно просты, все определяется структурой связей);

надежные системы из ненадежных элементов и “аналоговый

ренессанс” использование простых аналоговых элементов;

“голографические” системы при разрушении случайно выбранной части система сохраняет свои свойства.

Предполагается, что широкие возможности систем связей компенсируют бедность выбора элементов, их ненадежность и возможные разрушения части связей.

Для описания алгоритмов и устройств в нейроинформатике выработана специальная “схемотехника”, в которой элементарные устройства (сумматоры, синапсы, нейроны и т.п.) объединяются в сети, предназначенные для решения задач. Для многих начинающих кажется неожиданным, что ни в аппаратной реализации нейронных сетей, ни в профессиональном программном обеспечении эти элементы вовсе не обязательно реализуются как отдельные части или блоки.

Используемая в

нейроинформатике идеальная схемотехника представляет собой особый язык описания нейронных сетей и их обучения. При программной и аппаратной реализации выполненные на этом языке описания переводятся на более подходящие языки другого уровня.

15.2. Биологический нейрон

Нейрон (нервная клетка) является особой биологической клеткой, которая обрабатывает информацию (рис. 1).

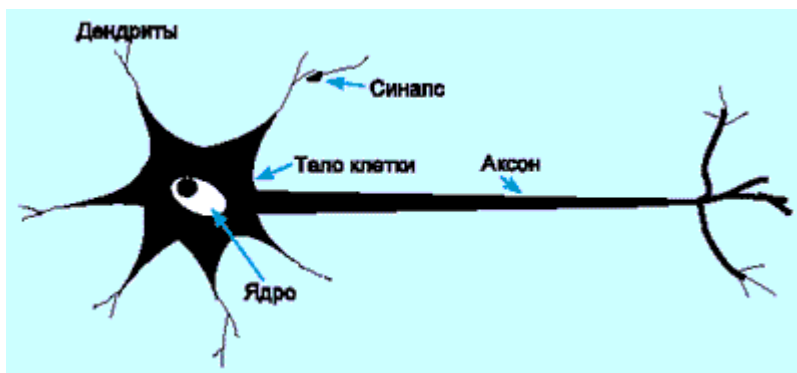


Рис.1. Биологический нейрон

Она состоит из тела клетки (cell body), или сомы (soma), и двух типов внешних древоподобных ветвей: аксона (axon) и дендритов (dendrites). Тело клетки включает ядро (nucleus), которое содержит информацию о наследственных свойствах, и плазму, обладающую молекулярными средствами для производства необходимых нейрону материалов. Нейрон получает сигналы (импульсы) от других нейронов через дендриты (приемники) и передает сигналы, сгенерированные телом клетки, вдоль аксона (передатчик), который в конце разветвляется на волокна (strands). На окончаниях этих волокон находятся синапсы (synapses).

Синапс является элементарной структурой и функциональным узлом между двумя нейронами (волокно аксона одного нейрона и дендрит другого).

Когда импульс достигает синаптического окончания, высвобождаются определенные химические вещества, называемые нейротрансмиттерами.

Нейротрансмиттеры диффундируют через синаптическую щель, возбуждая или затормаживая, в зависимости от типа синапса, способность нейрона-приемника генерировать электрические импульсы. Результативность синапса может настраиваться проходящими через него сигналами, так что синапсы могут обучаться в зависимости от активности процессов, в которых они участвуют. Эта зависимость от предыстории действует как память, которая, возможно, ответственна за память человека.

Кора головного мозга человека является протяженной, образованной нейронами поверхностью толщиной от 2 до 3 мм с площадью около

2200 см², что вдвое превышает площадь поверхности стандартной клавиатуры.

Кора головного мозга содержит около 1011 нейронов, что приблизительно равно числу звезд Млечного пути. Каждый нейрон связан с 103 - 104 другими нейронами. В целом мозг человека содержит приблизительно от 10¹⁴ до 10¹⁵ взаимосвязей.

Нейроны взаимодействуют посредством короткой серии импульсов, как правило, продолжительностью несколько мсек. Сообщение передается посредством частотно-импульсной модуляции. Частота может изменяться от нескольких единиц до сотен герц, что в миллион раз медленнее, чем самые быстродействующие переключательные электронные схемы. Тем не менее сложные решения по восприятию информации, как, например, распознавание лица, человек принимает за несколько сотен мс. Эти решения контролируются сетью нейронов, которые имеют скорость выполнения операций всего несколько мс. Это означает, что вычисления требуют не более 100 последовательных стадий. Другими словами, для таких сложных задач мозг "запускает" параллельные программы, содержащие около 100 шагов. Это известно как правило ста шагов. Рассуждая аналогичным образом, можно обнаружить, что количество информации, посылаемое от одного нейрона другому, должно быть очень маленьким (несколько бит).

Отсюда следует, что основная информация не передается непосредственно, а захватывается и распределяется в связях между нейронами.

15.3. Искусственный нейрон

История создания искусственных нейронов уходит своими корнями в 1943 год, когда шотландец МакКаллок и англичанин Питтс создали теорию формальных нейросетей, а через пятнадцать лет Розенблатт изобрел

искусственный нейрон (персептрон), который, впоследствии, и лег в основу нейрокомпьютера.

Искусственный нейрон имитирует в первом приближении свойства биологического нейрона. На вход искусственного нейрона поступает некоторое множество сигналов, каждый из которых является выходом другого нейрона. Каждый вход умножается на соответствующий вес, аналогичный синаптической силе, и все произведения суммируются, определяя уровень активации нейрона. На рис.2 представлена модель

реализующая эту идею.

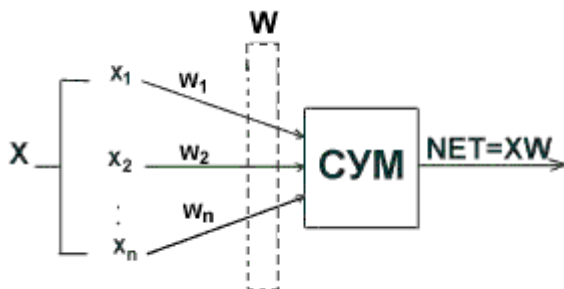


Рис.2. Искусственный нейрон

Хотя сетевые парадигмы весьма разнообразны, в основе почти всех их лежит эта конфигурация. Здесь множество входных сигналов, обозначенных $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$, поступает на искусственный нейрон.

Эти входные сигналы, в совокупности обозначаемые вектором X , соответствуют сигналам, приходящим в синапсы биологического нейрона.

Каждый сигнал умножается на соответствующий вес $w_1, w_2, w_3 \dots w_n$, и поступает на суммирующий блок, обозначенный $СУМ$ (адаптивный сумматор). Каждый вес соответствует "силе" одной биологической синаптической связи. (Множество весов в совокупности обозначается вектором W) Суммирующий блок, соответствующий телу биологического

элемента, складывает взвешенные входы алгебраически, создавая выход, который мы будем называть NET . В векторных обозначениях это может быть компактно записано следующим образом.

$$NET=XW$$

15.4. Активационные функции

Сигнал NET далее, как правило преобразуется активационной функцией F и дает выходной нейронный сигнал OUT . Активационная функция может быть обычной линейной функцией:

$$OUT=K(NET)$$

где K - постоянная, пороговой функцией

$$OUT=1, \text{ если } NET>T$$

$$OUT=0 \text{ в остальных случаях,}$$

где T - некоторая постоянная пороговая величина, или же функцией более точно моделирующей нелинейную передаточную характеристику биологического нейрона и представляющей нейронной сети большие возможности.

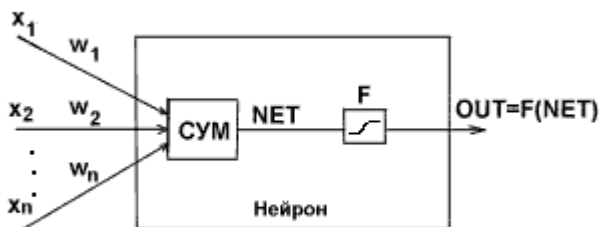


Рис.3. Искусственный нейрон с активационной функцией

На рис.3. блок обозначенный F , принимает сигнал NET и выдает сигнал OUT . Если блок F сужает диапазон изменения величины NET так, что при любых значениях NET значения OUT принадлежат некоторому конечному интервалу, то F называется сжимающей функцией. В качестве сжимающей функции часто используется логистическая или сигмоидальная (S -образная) функция, показанная на рис.4. Эта функция математически выражается как $F(x)=1/(1+e^{-x})$. Таким образом, $OUT=1/(1+e^{-NET})$

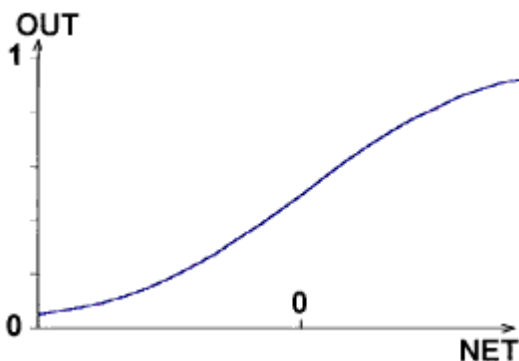


Рис.4. Сигмоидальная логистическая функция

По аналогии с электронными системами активационную функцию можно считать нелинейной усилительной характеристикой искусственного нейрона. Коэффициент усиления вычисляется как отношение приращения величины OUT к вызвавшему его небольшому приращению величины NET.

Он выражается наклоном кривой при определенном уровне возбуждения и

изменяется от малых значений при больших отрицательных возбуждениях (кривая почти горизонтальна) до максимального значения при нулевом возбуждении и снова уменьшается, когда возбуждение становится большим положительным. Гроссберг (1973) обнаружил, что подобная нелинейная характеристика решает поставленную им дилемму шумового насыщения.

Каким образом одна и та же сеть может обрабатывать как слабые, так и сильные сигналы? Слабые сигналы нуждаются в большом сетевом усилении, чтобы дать пригодный к использованию выходной сигнал.

Однако усилительные каскады с большими коэффициентами усиления могут привести к насыщению выхода шумами усилителей (случайными флуктуациями), которые присутствуют в любой физически реализованной сети. Сильные входные сигналы в свою очередь также будут приводить к насыщению усилительных каскадов, исключая возможность полезного

использования выхода. Центральная область логистической функции, имеющая большой коэффициент усиления, решает проблему обработки слабых сигналов, в то время как в области с падающим усилением на

положительном и отрицательном концах подходят для больших возбуждений. Таким образом, нейрон функционирует с большим усилением в широком диапазоне уровня входного сигнала.

Рассмотренная простая модель искусственного нейрона игнорирует многие свойства своего биологического двойника. Например, она не принимает во внимание задержки во времени, которые воздействуют на динамику системы. Входные сигналы сразу же порождают выходной сигнал.

И что более важно, она не учитывает воздействий функции частотной модуляции или синхронизирующей функции биологического нейрона, которые ряд исследователей считают решающими. Несмотря на эти ограничения, сети, построенные из этих нейронов, обнаруживают свойства, сильно напоминающие биологическую систему. Только время и исследования смогут ответить на вопрос, являются ли

подобные совпадения случайными или следствием того, что в модели верно схвачены важнейшие черты биологического нейрона

15.5. Базовые архитектуры нейронных сетей

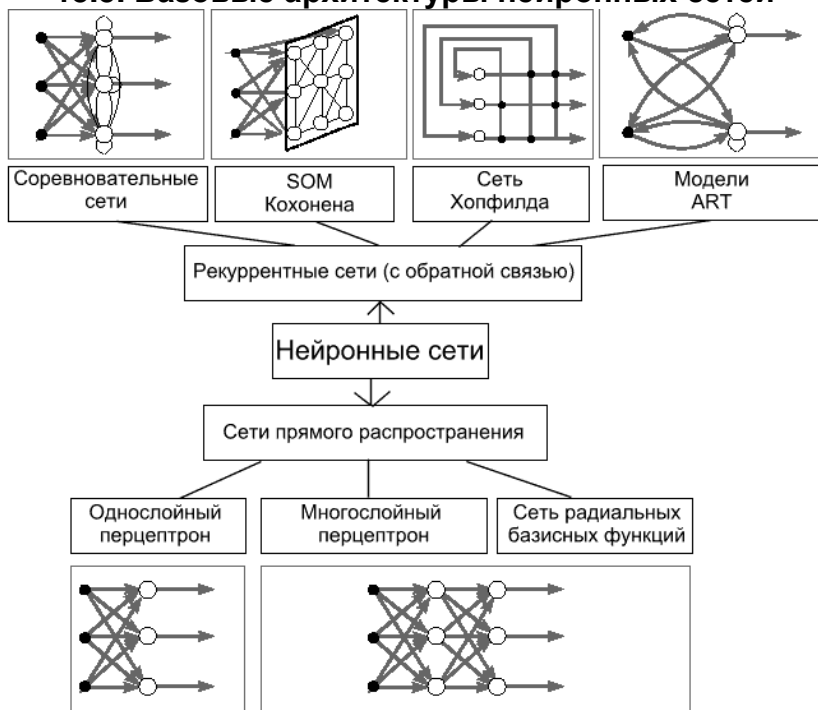


Рис.5. Базовые архитектуры нейронных сетей

Каждый нейрон получает сигналы от соседних нейронов по специальным нервным волокнам. Эти сигналы могут быть возбуждающими или тормозящими. Их сумма составляет электрический потенциал внутри тела нейрона. Когда потенциал превышает некоторый порог, нейрон переходит в возбужденное состояние и посылает сигнал по выходному нервному волокну. Отдельные искусственные нейроны соединяются друг с другом различными методами. Это позволяет создавать разнообразные нейронные сети с различной архитектурой, правилами обучения и возможностями.

ИНС (Искусственные Нейронные Сеть) может рассматриваться как направленный граф со взвешенными связями, в котором искусственные нейроны являются узлами. По архитектуре связей ИНС могут быть сгруппированы в два класса: сети прямого распространения, в которых графы не имеют петель, и рекуррентные сети, или сети с обратными связями.

В наиболее распространенном семействе сетей первого класса, называемых многослойным перцептроном, нейроны расположены слоями и имеют однонаправленные связи между слоями. На рисунке представлены типовые сети каждого класса. Сети прямого распространения являются статическими в том смысле, что на заданный вход они вырабатывают одну совокупность выходных значений, не зависящих от предыдущего состояния сети. Рекуррентные сети являются динамическими, так как в силу обратных связей в них модифицируются входы нейронов, что приводит к изменению состояния сети.

15.6. Полносвязные нейронные сети.

Здесь каждый нейрон передает свой выходной сигнал остальным нейронам, включая самого себя. Выходными сигналами сети могут быть все или некоторые выходные сигналы нейронов после нескольких тактов функционирования сети. Все _____ входные сигналы подаются всем нейронам.

Элементы слоистых и полносвязных сетей могут выбираться по-разному.

Существует, впрочем, стандартный выбор: нейрон с адаптивным неоднородным линейным сумматором на входе. Для полносвязной сети входной сумматор нейрона фактически распадается на два: первый вычисляет линейную функцию от входных сигналов сети, второй линейную функцию от выходных сигналов других нейронов, полученных на предыдущем шаге. Функция активации нейронов (характеристическая

функция) это нелинейный преобразователь выходного сигнала сумматора.

Если функция одна для всех нейронов сети, то сеть называют однородной (гомогенной). Если же характеристическая функция зависит еще от одного или нескольких параметров, значения которых меняются от нейрона к нейрону, то сеть называют неоднородной (гетерогенной).

Составлять сеть из нейронов стандартного вида не обязательно. Слоистая или полносвязная архитектуры не налагают существенных ограничений на участвующие в них элементы. Единственное жесткое требование, предъявляемое архитектурой к элементам сети, это соответствие размерности вектора входных сигналов элемента (она определяется архитектурой) числу его входов. Если полносвязная сеть функционирует до получения ответа заданное число тактов k , то ее можно представить как частный случай k -слойной сети, все слои которой одинаковы и каждый из них соответствует такту функционирования полносвязной сети. Существенное различие между полносвязной и слоистой сетями становится очевидным, когда число тактов функционирования заранее не ограничено слоистая сеть так работать не может.

Доказаны теоремы о полноте: для любой непрерывной функции нескольких переменных можно построить нейронную сеть, которая вычисляет эту функцию с любой заданной точностью. Так что нейронные сети в каком-то смысле могут все.

15.7. Обучение искусственных нейронных сетей

Способность к обучению является фундаментальным свойством мозга. В контексте ИНС процесс обучения может рассматриваться как настройка архитектуры сети и весов связей для эффективного выполнения специальной задачи. Обычно нейронная сеть должна настроить веса связей по имеющейся обучающей выборке. Функционирование сети улучшается по мере

итеративной настройки весовых коэффициентов. Свойство сети обучаться на примерах делает их более привлекательными по сравнению с системами, которые следуют определенной системе правил функционирования, сформулированной экспертами.

Для конструирования процесса обучения, прежде всего, необходимо иметь модель внешней среды, в которой функционирует нейронная сеть - знать доступную для сети информацию. Эта модель определяет парадигму обучения. Во-вторых, необходимо понять, как модифицировать весовые параметры сети - какие правила обучения управляют процессом настройки.

Алгоритм обучения означает процедуру, в которой используются правила обучения для настройки весов.

Существуют три парадигмы обучения: "с учителем", "без учителя" (самообучение) и смешанная. В первом случае нейронная сеть располагает правильными ответами (выходами сети) на каждый входной пример. Веса настраиваются так, чтобы сеть производила ответы как можно более близкие к известным правильным ответам. Усиленный вариант обучения с учителем предполагает, что известна только критическая оценка правильности выхода нейронной сети, но не сами правильные значения выхода. Обучение без учителя не требует знания правильных ответов на каждый пример обучающей выборки. В этом случае раскрывается внутренняя структура данных или корреляции между образцами в системе данных, что позволяет распределить образцы по категориям. При смешанном обучении часть весов определяется посредством обучения с учителем, в то время как остальная получается с помощью самообучения.

Теория обучения рассматривает три фундаментальных свойства,

связанных с обучением по примерам: емкость, сложность образцов и вычислительная сложность. Под емкостью понимается, сколько образцов может запомнить сеть, и какие функции и границы принятия решений могут быть на ней сформированы. Сложность образцов определяет число обучающих примеров, необходимых для достижения способности сети к обобщению. Слишком малое число примеров может вызвать "переобученность" сети, когда она хорошо функционирует на примерах обучающей выборки, но плохо - на тестовых примерах, подчиненных тому же статистическому распределению. Известны 4 основных типа правил обучения: коррекция по ошибке, машина Больцмана, правило Хебба и обучение методом соревнования.

Правило коррекции по ошибке.

При обучении с учителем для каждого входного примера задан желаемый выход d . Реальный выход сети u может не совпадать с желаемым.

Принцип коррекции по ошибке при обучении состоит в использовании сигнала $(d-u)$ для модификации весов, обеспечивающей постепенное уменьшение ошибки. Обучение имеет место только в случае, когда перцептрон ошибается. Известны различные модификации этого алгоритма обучения.

Обучение Больцмана.

Представляет собой стохастическое правило обучения, которое следует из информационных теоретических и термодинамических принципов.

Целью

обучения Больцмана является такая настройка весовых коэффициентов, при которой состояния видимых нейронов удовлетворяют желаемому распределению вероятностей. Обучение Больцмана может рассматриваться как специальный случай коррекции по ошибке, в котором под ошибкой понимается расхождение корреляций состояний в двух режимах .

Правило Хебба.

Самым старым обучающим правилом является постулат обучения Хебба. Хебб опирался на следующие нейрофизиологические наблюдения: если нейроны с обеих сторон синапса активизируются одновременно и регулярно, то сила синаптической связи возрастает. Важной особенностью этого правила является то, что изменение синаптического веса зависит только от активности нейронов, которые связаны данным синапсом. Это существенно упрощает цепи обучения в реализации VLSI.

Обучение методом соревнования.

В отличие от обучения Хебба, в котором множество выходных нейронов могут возбуждаться одновременно, при соревновательном обучении выходные нейроны соревнуются между собой за активизацию. Это явление известно как правило "победитель берет все". Подобное обучение имеет место в биологических нейронных сетях. Обучение посредством соревнования позволяет кластеризовать входные данные: подобные примеры группируются сетью в соответствии с корреляциями и представляются одним элементом. При обучении модифицируются только веса "победившего" нейрона. Эффект этого правила достигается за счет такого изменения сохраненного в сети образца (вектора весов связей победившего нейрона), при котором он становится чуть ближе ко входному примеру.

15.8. Нейрокомпьютеры

15.8.1. Основные определения

История развития вычислительных систем с массовым параллелизмом насчитывает уже не один десяток лет. Шли годы, изменялась элементная база и подходы к архитектуре построения современных супервычислителей, появлялись новые направления, к числу

которых можно отнести и нейрокомпьютеры.
Что же следует понимать под термином нейрокомпьютер? Вопрос достаточно сложный. Нейросетевая тематика, как таковая, является междисциплинарной, ей занимаются как разработчики вычислительных систем и программисты, так и специалисты в области медицины, финансово-экономические работники, химики, физики и т.п. То, что понятно физику, совершенно не принимается медиком и наоборот - все это породило многочисленные споры и целые терминологические войны по различным направлениям применения всего где есть приставка нейро-. Приведем некоторые наиболее устоявшиеся определения нейрокомпьютера, принятые в конкретных научных областях:

№ Научное направление Определение нейровычислительной системы

1 Математическая статистика

Нейрокомпьютер - это вычислительная система, автоматически формирующая описание характеристик случайных процессов или их совокупности, имеющих сложные, зачастую _____ априори неизвестные функции распределения.

2 Математическая логика

Нейрокомпьютер - это вычислительная система алгоритм работы которой представлен логической сетью элементов частного вида - нейронов, с полным отказом от булевых элементов типа И, ИЛИ, НЕ.

3 Пороговая логика

Нейрокомпьютер - это вычислительная система, алгоритм решения задач в которой представлен в виде сети пороговых элементов с динамически перестраиваемыми коэффициентами и алгоритмами настройки, независимыми от размерности сети пороговых элементов и их входного пространства.

4 Вычислительная техника

Нейрокомпьютер - это вычислительная система с MSIMD архитектурой, в которой процессорный

элемент однородной структуры упрощен до уровня нейрона, резко усложнены связи между элементами и программирование перенесено на изменение весовых коэффициентов связей между вычислительными элементами.

5 Медицина Нейрокомпьютер - это вычислительная система (нейробиологический подход)

представляющая собой модель взаимодействия клеточного ядра, аксонов и дендритов, связанных синаптическими связями (синапсами) (т.е. модель биохимических процессов протекающих в нервных тканях).

6 Экономика и финансы

Устоявшегося определения нет, но чаще всего под нейровычислителем понимают систему обеспечивающую параллельное выполнение "бизнес-транзакций" с элементами "бизнес-логики".

Следовательно, основные преимущества нейрокомпьютеров связаны с массовым параллелизмом обработки, что обуславливает высокое быстродействие, низким требованиями к стабильности и точности параметров элементарных узлов, устойчивостью к помехам и разрушениям

при большой пространственной размерности системы, причём устойчивые и

надёжные нейросистемы могут создаваться из низконадёжных элементов,

имеющих большой разброс параметров.

В дальнейшем под нейрокомпьютером будет пониматься любая вычислительная система с MSIMD архитектурой (определение №4).

Прежде чем перейти к обзору современных нейровычислителей и их элементной базы, остановимся _____ на классификации

архитектур вычислительных систем по Б.М. Когану:

Вычислительную систему с одним потоком команд и данных (однопроцессорная ЭВМ - SISD) (рис. 1а).

Вычислительную систему с общим потоком команд (SIMD - одиночный поток команд и множественный поток данных) (рис. 1б).

Вычислительную систему множественным потоком команд и одиночным потоком данных (MISD - конвейерная ЭВМ) (рис. 1в).

□□ Вычислительная система с множественным потоком команд и данных (рис. 1г) (MIMD).

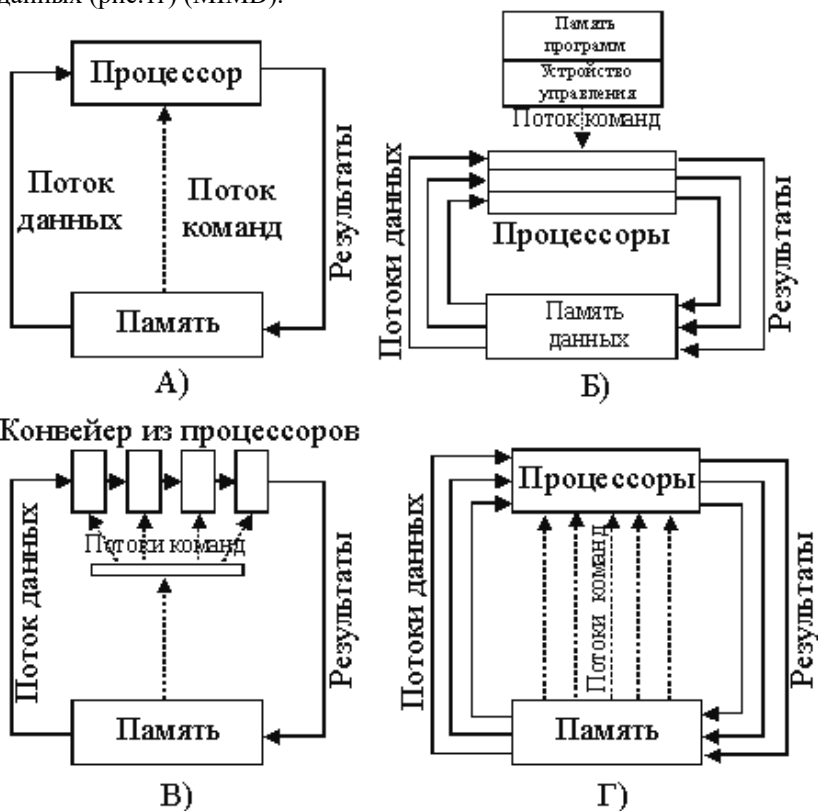


Рис. 1. Архитектуры вычислительных систем.

Элементарным строительным элементом нейронной сети (НС) является нейрон, который осуществляет взвешенное суммирование поступающих на его вход сигналов. Результат такого суммирования образует промежуточный выходной сигнал, который преобразуется активационной функцией в выходной сигнал нейрона. По аналогии с электронными системами активационную функцию можно считать нелинейной усилительной характеристикой искусственного нейрона, имеющей большой коэффициент

усиления для слабых сигналов и с падающим усилением для больших возбуждений. Коэффициент усиления вычисляется как отношение выходного

сигнала нейрона к вызвавшему его небольшому приращению взвешенной

суммы входных сигналов. Кроме этого для обеспечения увеличения вычислительной мощности многослойными НС, по сравнению с однослойными, необходимо чтобы активационная функция между слоями

была нелинейной, т.е. как показано в учитывая ассоциативность операции

умножения матриц любую многослойную нейросеть без нелинейных активационных функций можно свести к эквивалентной однослойной нейросети, которые весьма ограничены по своим вычислительным возможностям. Но вместе с этим наличие нелинейностей на выходе нейрона

не может служить определяющим критерием, хорошо известны и успешно

работают нейросети и без нелинейных преобразований на выход, получившие название нейросети на линиях задержки.

Алгоритмический базис нейрокомпьютеров обеспечивает **теория нейронных сетей (НС). Нейронная сеть - это сеть с конечным числом слоёв**

из однотипных элементов - аналогов нейронов с различными типами связи между слоями.

Среди основных преимуществ НС является:

инвариантность методов синтеза НС к размерности пространства признаков и размерам НС,

адекватность современным перспективным технологиям,

отказоустойчивость в смысле монотонного, а не катастрофического

изменения качества решения задачи в зависимости от числа вышедших из строя элементов.

Решение математических задач в нейросетевой логическом базисе определяют теоретические положения нейроматематики. Этапы решения

практически любой задачи в нейросетевом логическом базисе:

формирование входного сигнала НС,

формирование выходного сигнала НС,

формирование желаемого выходного сигнала НС,

формирование сигнала ошибки и функционала оптимизации,

- формирование структуры нейронной сети, адекватной выбранной задаче,
- разработка алгоритма настройки НС, эквивалентного процессу решения задачи в нейросетевом логическом базисе,
- проведение исследований процесса принятия решения задачи.

Всё вышеизложенное делает построение современных систем управления с использованием нейросетевого подхода и на основе нейросетевого логического базиса одним из самых перспективных направлений реализации многоканальных и многосвязанных систем управления.

Как было отмечено, нейрокомпьютер - это вычислительная система с MSIMD архитектурой, т.е. с параллельными потоками одинаковых команд и множественным потоком данных. Давайте разберемся, каким боком относятся нейрокомпьютеры к параллельным ЭВМ. На сегодня можно выделить три основных направления развития вычислительных систем с

массовым параллелизмом (ВСМП):

№ Наименование направления Описание

1 ВСМП на базе каскадного соединения универсальных SISD, SIMD, MISD микропроцессоров. Элементная база - универсальные RISC или CISC процессоры: Intel, AMD, Sparc, Alpha, Power PC, MIPS и т.п.

2 На базе процессоров с распараллеливанием на аппаратном уровне. Элементная база - DSP процессоры: TMS, ADSP, Motorola

3 ВСМП на специализированной элементной базе. Элементная база от специализированных одноканальных процессоров до нейрочипов.

Для каждого из направлений сегодня существуют решения, реализующие те или иные нейросетевые парадигмы. Для большей ясности в дальнейшем будем считать, что нейросетевые системы, реализованные на

аппаратных платформах первого направления (пусть и мультипроцессорных) будем относить к нейроэмуляторам - т.е. системам реализующим типовые нейрооперации (взвешенное суммирование и нелинейное преобразование) на программном уровне. Нейросетевые системы, реализованные на аппаратных платформах второго и третьего направления в виде плат расширения стандартных вычислительных систем (1-го направления) - будем называть нейроускорителями (взвешенное суммирование, как правило, реализуется аппаратно, например, на основе трансверсальных фильтров, а нелинейные преобразования - программно) и системы, реализованные на аппаратной платформе третьего направления в виде функционально законченных вычислительных устройств, следует относить к нейрокомпьютерам (все операции выполняются в нейросетевом логическом базисе). Подводя итоги терминологической "войны" можно отметить, что нейрокомпьютеры можно смело отнести к вычислительным системам с высоким параллелизмом (MSIMD архитектуры), реализованным на основе специализированной элементной базы, ориентированной на выполнение нейросетевых операций в нейросетевом логическом базисе.

15.8.2. Элементная база нейровычислителей

Элементной базой нейровычислительных систем второго и третьего направлений являются соответственно заказные кристаллы (ASIC), встраиваемые микроконтроллеры (mC), процессоры общего назначения (GPP), программируемая логика (FPGA - ПЛИС), транспьютеры, цифровые сигнальные процессоры (DSP) и нейрочипы. Причем использование, как тех, так и других, позволяет сегодня реализовывать нейровычислители,

функционирующие в реальном масштабе времени, однако наибольшее использование при реализации нейровычислителей нашли ПЛИС, DSP и конечно нейрочипы.

Транспьютеры (T414, T800, T9000) и в частности транспьютероподобные элементы являются важным для построения вычислительных систем с массовым параллелизмом, а их применение постепенно сдвигается в сторону коммутационных систем и сетей ЭВМ, хотя еще остаются примеры реализации на них слоев некоторых ЭВМ с массовым параллелизмом в виде решеток процессорных элементов.

DSP (Digital Signal Processor-цифровой сигнальный процессор), обладая мощной вычислительной структурой, позволяют реализовать различные алгоритмы обработки информационных потоков. Сравнительно невысокая цена, а также развитые средства разработки программного обеспечения позволяют легко применять их при построении вычислительных систем с массовым параллелизмом.

Стремительный переход современных систем управления на цифровые стандарты, привел к необходимости обрабатывать с высокой скоростью достаточно большие объемы информации. Сложная обработка и фильтрация сигналов, например, распаковка сжатых аудио- и видеоданных, маршрутизация информационных потоков и т.п., требует применения достаточно производительных вычислительных систем. Подобные системы могут быть реализованы на различной элементной базе, но наибольшее распространение получили устройства с применением цифровых сигнальных процессоров и ПЛИС.

Программируемая логика способна работать на более высоких частотах, но поскольку управление реализовано аппаратно, то изменение алгоритмов работы требует перепрограммирования ИС. Низкая тактовая частота DSP пока ограничивает максимальную частоту обрабатываемого

аналогового сигнала до уровня в 10-20 МГц, но программное управление позволяет достаточно легко изменять не только режимы обработки, но и функции, выполняемые DSP. Помимо обработки и фильтрации данных DSP могут осуществлять маршрутизацию цифровых потоков, выработку управляющих сигналов и даже формирование сигналов системных шин ISA, PCI и др.

Оценивать быстродействие тех или иных устройств на основе DSP и ПЛИС принято по времени выполнения типовых операций цифровой обработки сигналов (Фильтр Собеля, БПФ, преобразование Уолша-Адамара

и др.). Однако оценки производительности нейровычислителей используют

другие показатели:

CUPS (connections update per second) - число измененных значений весов в секунду (оценивает скорость обучения).

CPS (connections per second) - число соединений (умножений с накоплением) в секунду (оценивает производительность).

CPSPW = CPS/Nw, где Nw - число синапсов в нейроне.

CPPS - число соединений примитивов в секунду, CPPS=CPS*Bw*Bs, где Bw, Bs - разрядность весов и синапсов.

ММАС - миллионов умножений с накоплением в секунду.

Особенностью использования DSP и ПЛИС в качестве элементной базы нейровычислителей является то, что ориентация в выполнении нейросетевых операций обуславливает с одной стороны повышение скоростей обмена между памятью и параллельными арифметическими устройствами, а с другой стороны уменьшение времени весового суммирования (умножения и накопления) за счет применения фиксированного набора команд типа регистр-регистр.

DSP - как элементная база нейровычислителей

Цифровые сигнальные процессоры (DSP) вот уже на протяжении нескольких десятилетий являются элементной базой для построения как

нейроускорителей, так и контура логики общесистемного управления нейрокомпьютеров.

Большая производительность, требуемая при обработке сигналов в реальном времени, побудила Texas Instruments и Analog Devices выпустить

транспьютероподобные семейства микропроцессоров TMS320C4x и

ADSP2106x, ориентированные на использование в мультипроцессорных системах. На этом фоне первый российский сигнальный процессор (нейросигнальный процессор) фирмы Модуль - "Neuro Matrix" [6], выглядит весьма достойно среди DSP с фиксированной точкой. При тактовой частоте 50 МГц "Neuro Matrix" практически не уступает по производительности изделиям мировых лидеров, а по некоторым задачам даже превосходит их (табл 1).

Табл. 1. Сравнительные тесты CISC процессоров, DSP TI и нейросигнального процессора NM6403

Наименование теста Intel Pentium II 300 МГц

Intel Pentium MMX 200 МГц

TI TMS320C40

50 МГц

НТЦ"Модуль"

NM6403 40 МГц

Фильтр Собеля (размер

кадра 384X288 байт),

кадров/с.

- 21 6,8 68

Быстрое

преобразование Фурье

(256 точек, 32 разряда),

мкс (тактов)

200 - 464 (11588) 102 (4070)

Преобразование

Уолша-Адамара (21

шаг, вх. данные 5 бит), с 2,58 2,80 - 0,45

При создании нейровычислительных систем на базе сигнальных

процессоров необходимо помнить, что DSP обладают высокой

степенью

специализации. В них широко используются методы сокращения

длительности командного цикла, характерные для универсальных

RISC-

процессоров, такие как конвейеризация на уровне отдельных

микроинструкций и инструкций, размещение операндов большинства

команд

в регистрах, использование теневых регистров для сохранения

состояния

вычислений при переключении контекста, разделение шин команд и данных (Гарвардская архитектура). В то же время для сигнальных процессоров характерным является наличие аппаратного умножителя, позволяющего выполнять умножение как минимум двух чисел за один командный такт.

Другой особенностью сигнальных процессоров является включение в систему команд таких операций, как умножение с накоплением MAC ($C=AxB+C$ с указанным в команде числом выполнений в цикле и с правилом изменения индексов используемых элементов массивов A и B , т.е. уже реализованы преобразы базовых нейроопераций - взвешенное суммирование с накоплением), инверсия бит адреса, разнообразные битовые операции. В сигнальных процессорах реализуется аппаратная поддержка программных циклов, кольцевых буферов. Один или несколько операндов извлекаются из памяти в цикле исполнения команды.

Реализация однократного умножения и команд, использующих в качестве операндов содержимое ячеек памяти, обуславливает сравнительно низкие тактовые частоты работы сигнальных процессоров. Специализация не позволяет поднимать производительность за счет быстрого выполнения коротких команд типа $R,R \rightarrow R$, как это делается в универсальных процессорах. Этим команд просто нет в программах цифровой обработки сигналов.

Сигнальные процессоры различных компаний-производителей образуют два класса, существенно различающихся о цене: более дешевые микропроцессоры для обработки данных в формате с фиксированной точкой и более дорогие микропроцессоры, аппаратно поддерживающие операции над данными в формате с плавающей точкой. Типичные DSP операции требуют выполнения множества простых сложений и умножений.

Сложение и умножение требуют:

- произвести выборку двух операндов
- выполнить сложение или умножение (обычно и то и другое)
- сохранить результат или удерживать его до повторения

Для выборки двух операндов за один командный цикл необходимо осуществить два доступа к памяти одновременно. Но в действительности

кроме выборки двух операндов необходимо еще сохранить результат и прочитать саму инструкцию. Поэтому число доступов в память за один командный цикл будет больше двух и следовательно DSP процессоры поддерживают множественный доступ к памяти за один и тот же командный

цикл. Но невозможно осуществить доступ к двум различным адресам в памяти одновременно, используя для этого одну шину памяти.

Существует

два вида архитектур DSP процессоров позволяющих реализовать механизм

множественного доступа к памяти:

- Гарвардская архитектура
- модифицированная архитектура фон Неймана

Гарвардская архитектура имеет две физически разделенные шины данных. Это позволяет осуществить два доступа к памяти одновременно:

Подлинная Гарвардская архитектура выделяет одну шину для выборки инструкций (шина адреса), а другую для выборки операндов (шина данных).

Но для выполнения DSP операций этого недостаточно, так как в основном

все они используют по два операнда. Поэтому Гарвардская архитектура

применительно к цифровой обработке сигналов использует шину адреса и

для доступа к данным. Важно отметить, что часто необходимо произвести

выборку трех компонентов - инструкции с двумя операндами, на что собственно Гарвардская архитектура неспособна. В таком случае данная

архитектура включает в себя кэш-память. Она может быть использована для

хранения тех инструкций, которые будут использоваться вновь. При использовании кэш-памяти шина адреса и шина данных остаются свободными, что делает возможным выборку двух операндов. Такое

расширение - Гарвардская архитектура плюс кэш - называют расширенной

Гарвардской архитектурой или SHARC (Super Harvard ARChitecture).

Гарвардская архитектура требует наличия двух шин памяти. Это значительно повышает стоимость производства чипа. Так, например, DSP

процессор работающий с 32-битными словами и в 32-битном адресном пространстве требует наличия по крайней мере 64 выводов для каждой шины

памяти, а в сумме получается 128 выводов. Это приводит к увеличению

размеров чипа и к трудностям при проектировании схемы.

Архитектура фон Неймана использует только одну шину памяти. Она обладает рядом положительных черт:

более дешевая;

требует меньшего количества выводов шины;

является более простой в использовании, так как программист может размещать и команды и данные в любом месте свободной памяти.

С точки зрения реализации нейроускорителей мы остановимся только на некоторых наиболее ярких представителях DSP, в основном относящихся

к классу транспьютероподобных DSP с плавающей арифметикой.

15.8.3. ПЛИС - как элементная база нейровычислителей

Отдельно следует рассмотреть возможность создания параллельных вычислителей (в том числе и нейро) на базе ПЛИС (программируемых логических интегральных схем). На ПЛИС можно реализовывать системы,

как второго, так и третьего типа (см. часть 1), также в последнее время широко распространены гибридные нейровычислители, когда блок обработки данных реализуется на DSP, а логика управления на ПЛИС.

В настоящее время множество фирм в мире занимается разработкой и выпуском различных ПЛИС, однако, лидерство делят две фирмы Xilinx и

ALTERA. Выделить продукцию какой-либо одной из этих фирм невозможно,

так как по техническим характеристикам они различаются очень мало.

Нейрочип - как элементная база нейровычислителей

Элементной базой перспективных нейровычислителей являются нейрочипы. Их производство ведется во многих странах мира, причем большинство из них на сегодня ориентированны на закрытое использование

(т.е. создавались для конкретных специализированных управляющих систем).

Прежде чем перейти рассмотрению наиболее интересных нейрочипов остановимся на их классификации.

По типу логики их можно разделить на цифровые, аналоговые и гибридные.

По типу реализации нейроалгоритмов: с полностью аппаратной реализацией и с программно-аппаратной реализацией (когда нейроалгоритмы хранятся в ПЗУ).

По характеру реализации нелинейных преобразований: на нейрочипы с жесткой структурой нейронов (аппаратно реализованных) и нейрочипы с

настраиваемой структурой нейронов (перепрограммируемые).

По возможностям построения нейросетей: нейрочипы с жесткой и переменной нейросетевой структурой (т.е. нейрочипы в которых топология

нейросетей реализована жестко или гибко).

Процессорные матрицы (систолические процессоры) - это чипы, обычно близкие к обычным RISC процессорам и объединяющее в своем

составе некоторое число процессорных элементов, вся же остальная логика,

как правило, должна быть реализована на базе периферийных схем.

В отдельный класс следует выделить так называемые нейросигнальные процессоры, ядро которых представляет собой типовой сигнальный процессор, а реализованная на кристалле дополнительная логика обеспечивает выполнение нейросетевых операций (например, дополнительный векторный процессор и т.п.).

Обобщенная классификация нейрочипов приведена на рис. 1.



Рис.1. Обобщенная классификация нейрочипов.

Кроме широко спектра фирм и корпораций, исследования в области современных нейропроцессоров проводят многие лаборатории и университеты, среди которых можно отметить:

- В США: Naval Lab, MIT Lab, Пенсильванский Университет, Колумбийский Университет, Аризонский Университет, Иллинойский Университет и др.
- В Европе: Берлинский Технический Университет, Технический Университет в Карлсруе и др.
- В России: МФТИ, Ульяновский Государственный Технический Университет, МГТУ им.Н.Э.Баумана (более десятка лабораторий занимающихся вопросами нейровычислителей на четырех факультетах: "Информатики и систем управления", "Специального машиностроения", "Радиоэлектроники и лазерной техники", "Биомедицинских систем"), Красноярский Государственный Технический Университет, Ростовский Государственный Университет и др.

Разработка нейрочипов ведется во многих странах мира. На сегодня выделяют две базовые линии развития вычислительных систем с массовым

параллелизмом (ВСМП) : ВСМП с модифицированными последовательными

алгоритмами, характерными для однопроцессорных фоннеймановских

алгоритмов и ВСМП на основе принципиально новых сверпараллельных нейросетевых алгоритмов решения различных задач (на базе нейроматематики).
Для оценки производительности нейровычислителей используются следующие показатели:
CUPS (connections update per second) - число измененных значений весов в секунду (оценивает скорость обучения).
CPS (connections per second) - число соединений (умножений с накоплением) в секунду (оценивает производительность).
 $CPSPW = CPS/Nw$, где Nw - число синапсов в нейроне.
CPPS - число соединений примитивов в секунду, $CPPS = CPS * Bw * Bs$, где Bw , Bs - разрядность весов и синапсов.
ММАС - миллионов умножений с накоплением в секунду.
Ориентация в выполнении нейросетевых операций обуславливает с одной стороны повышение скоростей обмена между памятью и параллельными арифметическими устройствами, а с другой стороны уменьшение времени весового суммирования (умножения и накопления) за счет применения фиксированного набора команд типа регистр-регистр.

15.8.4. Нейрочипы

Нейросигнальный процессор NeuroMatrix NM6403 (фирма Модуль, Россия)



Рис.2. Структура NeuroMatrix NM6403.

Основой NeuroMatrix NM6403 является процессорное ядро NeuroMatrixCore (NMC), которое представляет собой синтезабельную модель

высокопроизводительного DSP процессора с архитектурой VLIM/SIMD

(язык Verilog). Ядро состоит из двух базовых блоков: 32-битного RISC процессора и 64 битного векторного процессора, обеспечивающего выполнение векторных операций над данными переменной разрядности

(патент РФ.N2131145). Имеются два идентичных программируемых интерфейса для работы с внешней памятью различного типа и два коммуникационных порта, аппаратно совместимых с портами ЦПС TMS320C4х, для возможности построения многопроцессорных систем.

Основные характеристики:

о тактовая частота - 50 МГц (20нс - время выполнения любой инструкции);

о технология КМОП 0.5 мкм;

о корпус 256BGA;

о напряжение питания от 2.7 до 3.6 В;

о потребляемая мощность при 50MHz около 1.3 Вт;

о условия эксплуатации: -60...+85 С.

о RISC-ядро

о 5-ти ступенчатый 32-разрядный конвейер;

о 32- и 64-разрядные команды (обычно выполняется две операции в одной команде);

о два адресных генератора, адресное пространство - 16 GB;

о два 64-разрядных программируемых интерфейса с SRAM/DRAM-разделяемой памятью;

о формат данных - 32-разрядные целые;

о регистры:

о 8 32-разрядных регистров общего назначения;

о 8 32-разрядных адресных регистров;

о специальные регистры управления и состояния;

о два высокоскоростных коммуникационных порта ввода/вывода,

о аппаратно совместимых с портами TMS320C4х.

VECTOR-процессор

о переменная 1-64-разрядная длина векторных операндов и результатов;

о формат данных - целые числа, упакованные в 64-разрядные блоки, в форме слов переменной длины от 1 до 64 разрядов каждое;

о поддержка векторно-матричных и матрично-матричных операций;

- о два типа функций насыщения на кристалле;
- о три внутренних 32х64-разрядных RAM-блока.

Производительность:

- о скалярные операции:
- о 50 MIPS;
- о 200 MOPS для 32-разрядных данных;
- о векторные операции:
- о от 50 до 50.000+ ММАС (миллионов умножений с накоплением в секунду);
- о I/O и интерфейсы с памятью:
- о пропускная способность двух 64-разрядных интерфейсов с памятью - до 800 Мбайт/сек;
- о I/O коммуникационные порты - до 20 Мбайт/сек каждый.

Основными особенностями данного нейропроцессора являются:

- о возможность работы с входными сигналами (синапсами) и весами переменной разрядности (от 1 до 64 бит), задаваемой программно, что обеспечивает уникальную способность нейропроцессора увеличивать производительность с уменьшением разрядности операндов;
- о быстрая подкачка новых весов на фоне вычислений;
- о (24 операции умножения с накоплением за один такт при длине операндов 8 бит);
- о V аппаратная поддержка эмуляции нейросетей большой размерности;
- о реализация функции активации в виде пороговой функции или функции ограничения;
- о наличие двух широких шин (по 64 разряда) для работы с внешней памятью любого типа: до 4Мб SRAM и до 16 Гб DRAM;
- о наличие двух байтовых коммуникационных портов ввода/вывода, аппаратно совместимых с коммуникационными портами TMS320C4x для реализации параллельных распределенных вычислительных систем большой производительности.
- о возможность работать с данными переменной разрядности по различным алгоритмам, реализуемым с помощью хранящихся во внешнем ОЗУ программ.



Рис.3. Конструктивная реализация NeuroMatrix 6403.

Технические характеристики:

- о число вентилях на кристалле - 100.000;
- о размер кристалла - 10 мм * 10.5 мм при технологии 0.7 мкм;
- о потребляемая мощность - не более 3 Вт;
- о пиковая производительность для байтных операндов - 720 MCPS (миллионов соединений или умножений с накоплением в сек.) при тактовой частоте 30 МГц; при бинарных операциях - 8640 MCPS.

Нейропроцессор благодаря своей универсальности сможет применяться как базовый элемент для плат нейроускорителей PC, для создания нейрокомпьютерных параллельных вычислительных систем большой производительности, а также для аппаратной поддержки операций

над матрицами большой размерности и в задачах цифровой обработки сигналов. Используется в нейроускорителях фирмы Модуль (Россия).

Процессор NeuroMatrixR NM6404



Рис.4 Конструктивная реализация NeuroMatrixR NM6404

NeuroMatrixR NM6404 представляет собой высокопроизводительный

DSP-ориентированный RISC микропроцессор. В его состав входят два основных блока: 32-разрядное RISC-ядро и 64-разрядное VECTOR-сопроцессор для поддержки операций над векторами с элементами переменной разрядности. NM6404 по системе команд совместим с предыдущей версией NM6403. Имеются два идентичных программируемых интерфейса для работы с внешней памятью различного типа и два коммуникационных порта, аппаратно совместимых с портами ЦПС TMS320C4х, для возможности построения многопроцессорных систем.

Особенности:

- о тактовая частота - 133 МГц (8нс - время выполнения любой инструкции);
- о технология КМОП 0.25 мкм;
- о корпус PQFP256;
- о напряжение питания от 2.5 В, 3.3 В, 5 В;
- о потребляемая мощность - около 1.0 Вт; условия эксплуатации: - 40...+80 С.

RISC-ядро:

- о 5-ти ступенчатый 32-разрядный конвейер;
- о 32- и 64-бит команды (обычно выполняется две операции в одной команде);
- о 2 Мбит внутреннее ОЗУ;
- о доступ к внутренней памяти соседей;
- о два адресных генератора, адресное пространство - 16 GB;
- о два 64-разрядных программируемых интерфейса с SDRAM/SRAM/DRAM/Flash ROM разделяемой памятью;
- о 4 одновременных доступа к внутренней памяти;
- широковещательный режим доступа к внешней памяти;
- о 64 К Boot ROM; формат данных - 32-разрядные целые; 4 канала DMA;
- о два коммуникационных порта ввода/вывода, аппаратно совместимых с портами TMS320C4х; JTAG-совместимый отладочный интерфейс; система управления потребляемой мощностью.

VECTOR-сопроцессор

- о от 1 до 64-разрядная длина векторных операндов и результатов;
- о формат данных - целые числа, упакованные в 64-разрядные блоки, в форме слов переменной длины от 1 до 64 разрядов каждое;
- о поддержка векторно-матричных и матрично-матричных операций;
- 16 тактов на перезагрузку матрицы коэффициентов;
- о свопирование рабочей и теневой матрицы; два типа функций насыщения на кристалле.

Производительность:

о скалярные операции:

о 133 MIPS;

о 399 MOPS для 32-разрядных данных;

о векторные операции:

о от 133 до 38.000+ ММАС (миллионов умножений с накоплением в секунду);

о I/O и интерфейсы с памятью:

о пропускная способность двух 64-разрядных интерфейсов с памятью - 2128 Мбайт/сек;

о I/O коммуникационные порты - до 20 Мбайт/сек каждый.

Нейропроцессор MA16 (фирма Siemens).

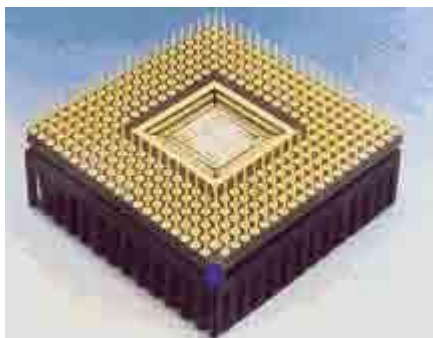


Рис.5. Нейрочип MA16 (Siemens).

MA16 изготовлен по технологии КМОП (1 мкм), состоит из 610 тыс. транзисторов и выполняет до 400 млн. операций умножения и сложения в

секунду. Используется в качестве элементной базы нейрокомпьютера Synaps

1 и нейроускорителей Synaps 2 и Synaps 3 (распространяемых сегодня на

рынке французской фирмой Tiga Technologies).

MA16 представляет собой программируемый каскадируемый процессор для векторных и матричных операций. Он поддерживает на аппаратном уровне следующие операции:

о матричное умножение;

о матричное сложение/вычитание;

о нормировка результата;

о вычисление векторной нормы (метрики L1 и L2);

о вычисление векторного расстояния (мера Манхэтэнна, геометрическое расстояние).

Процессор содержит четыре идентичных процессорных элемента, работающих параллельно. Входные данные имеют точность 16 бит, тактовая частота 50 МГц. Для операций матричного умножения/сложения скорость вычислений достигает $8 \cdot 10^8$ операций/с. Программное обеспечение работает в среде UNIX/XWIND и реализовано на C++. Нейронная сеть тоже описывается на C++ или может вводиться интерактивно с помощью графического интерфейса типа OSF/Motif, что позволяет визуализировать конфигурацию чипа после отображения на него структуры сети. Хорошо развиты средства тестирования и эмуляции. С 1995 года MA16 является коммерчески доступным продуктом.

Подводя итоги приведем сводные данные по производительности некоторых, наиболее интересных, нейропроцессоров.

Наименование нейрочипа конфигурация CPS CPSPW CPPS CUPS
 NLX420 32-16, 8 bit mode 10M 20K 640M -
 100 NAP 4 chips, 2M wts, 16 bit mantissa 250M 125 256G 64M
 WSI (Hitachi) 576 neuron Hopfield 138M 3.7 10G -
 N64000 (Inova) 64-64-1, 8 bit mode 871M 128K 56G 220M
 MA16 1 chip, 25MHz 400M 15M 103G -
 ZISC036 64 8 bit element inp. Vector - - - -
 MT19003 4-4-1-, 32 MHz 32M 32M 6.8G -
 MD1220 8-8 9M 1M 142M -
 NI 1000 256 5 bit element inp. Vector 40 000 vec in sec. - - -
 L-neuro-1 1-chip, 8 bit mode 26M 26K 1.6G 32M
 NM6403 8 bit mode, 50MHz 1200M 150M 77G -

15.8.5. Преимущества нейрокомпьютеров.

По сравнению с обычными компьютерами нейрокомпьютеры обладают рядом преимуществ.

Во первых — высокое быстродействие, связанное с тем, что алгоритмы нейронформатики обладают высокой степенью параллельности.

Во вторых — нейросистемы делаются очень устойчивыми к помехам и разрушениям.

В третьих — устойчивые и надежные нейросистемы могут создаваться

из ненадежных элементов, имеющих значительный разброс параметров.

Несмотря на перечисленные выше преимущества эти устройства имеют

ряд недостатков:

1. Они создаются специально для решения конкретных задач, связанных с нелинейной логикой и теорией самоорганизации. Решение таких

задач на обычных компьютерах возможно только численными методами.

2. В силу своей уникальности эти устройства достаточно дорогостоящи.

Несмотря на недостатки, нейрокомпьютеры могут быть успешно использованы в различных областях народного хозяйства.

— Управление в режиме реального времени: самолетами, ракетами и технологическими процессами непрерывного производства (металлургического, химического и др.);

— Распознавание образов: человеческих лиц, букв и иероглифов, сигналов радара и сонара, отпечатков пальцев в криминалистике, заболеваний по симптомам (в медицине) и местностей, где следует искать

полезные ископаемые (в геологии, по косвенным признакам);

— Прогнозы: погоды, курса акций (и других финансовых показателей), исхода лечения, политических событий (в частности результатов выборов),

поведения противников в военном конфликте и в экономической конкуренции;

— Оптимизация и поиск наилучших вариантов: при конструировании технических устройств, выборе экономической стратегии и при лечении

больного.

Этот список можно продолжать, но и сказанного достаточно для того, чтобы понять, что нейрокомпьютеры могут занять достойное место в современном обществе.

Список источников

1. Нейронные сети (<http://www.codenet.ru/progr/alg/ai/>)

2. Нейросети и проблема искусственного интеллекта (http://elik.ru/papers/nn_ai/)

3. Современные направления развития нейрокомпьютерных технологий в России (<http://neurnews.iu4.bmstu.ru/neurnews.html>)

4. Нейрокомпьютеры (<http://neurnews.iu4.bmstu.ru>)

Я, Кононюк Анатолий Ефимович, специалист в области информационных технологий и искусственного интеллекта, утверждаю: на человечество движется «научная чума» XXI в – **облачные технологии**.

Неконтролируемое развитие и эксплуатация облачных технологий является более опасным, чем неконтролируемое развитие ядерного вооружения, и может привести к непредсказуемым последствиям их применения.

Обращаюсь к научному сообществу: безотлагательно проведите международную конференцию на тему – «Перспективы развития облачных технологий и **средства контроля за их использованием**».

Здравствуй, **некто**, которое ответило мне на обращение к Юлии Владимировне с предложением о сотрудничестве в области построения современной Украины (обращаюсь к Вам так, ибо не знаю даже какого Вы рода – Вы мужчина или женщина).

Я не буду разъяснять Вам суть моего обращения к Юлии Владимировне с предложением о сотрудничестве и комментировать Ваш ответ мне. Скажу только, что если в команде Юлии Владимировны преобладают такие **некто**, то ей будет весьма сложно построить даже собачью будку, не говоря уже о строительстве процветающей Украины.

А. Кононюк
17.05.18–

Шановний Анатолію Юхимовичу,

Дякуємо Вам за небайдуже ставлення до подій, що постають перед нашою країною, та за намагання бути корисним і допомогти у прийнятті необхідних рішень. Приємно розуміти, що українці мають бажання сприяти становленню громадянського суспільства та розвитку нашої держави, брати участь у суспільно-політичному житті країни.

З питань налагодження подальшої співпраці,, пропонуємо звернутися до найближчої партійної організації, адреси яких Ви можете віднайти на офіційному сайті партії «ВО «Батьківщина» в розділі «Партія. Регіональні підрозділи» (<http://ba.org.ua/regionalni-oseredki/>).

16.05.18

Здравствуйте, уважаемая Юлия Владимировна!

Вчера (15.05.18) на ТВ NEWS ONE с большим удовольствием прослушал и просмотрел Ваш великолепный доклад, посвященный анализу современного плачевного состояния развития Украины и Ваше видение как из этого состояния выйти.

Этот доклад я назвал бы: «Концепция становления и развития современных государственных систем (на примере государства «Украина»)».

Содержание этого научно-практического доклада достойно талантливого ученого и зрелого государственного деятеля. Воплощение в жизнь предложенной Вами концепции требует создания команды высококвалифицированных специалистов в различных областях знаний. Именно такая команда может реализовать изложенные Вами принципы построения современной Украины, руководствуясь при этом современными методами, алгоритмами, компьютерными программами, базирующимися на облачных технологиях.

Счел бы за честь принять участие в работе Вашей команды по реализации отдельных направлений предложенной Вами Концепции становления и развития Украины.

С уважением, А. Кононюк

—