

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Н.Ф. Гусарова

**ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО
по направлению подготовки (специальности)
45.03.04 - Интеллектуальные системы в гуманитарной сфере
в качестве учебного пособия для реализации основных профессиональных
образовательных программ высшего образования бакалавриата



Санкт-Петербург

2018

Гусарова Н.Ф. **ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.** – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 62 с.

Рецензент: Шалыто А.А., д.т.н., профессор

Пособие охватывает первую часть теоретического материала, необходимого для усвоения программы курса «Теория искусственного интеллекта». Рассматриваются вопросы, связанные с базовыми понятиями в теории искусственного интеллекта, а также с возможностями применения искусственного интеллекта в различных сферах деятельности.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2018
© Гусарова Н.Ф., 2018

Оглавление

Введение.....	5
1. ПОНЯТИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	7
2. ФЕНОМЕН ИНФОРМАЦИИ И РАЗЛИЧНЫЕ ЕГО ТРАКТОВКИ.....	9
2.1. Информация как свойство материи.....	10
2.2. Информация как функция организации систем.....	10
2.3. Информация как свойство живой материи.....	13
2.4. Информация как функция сознания.....	14
2.5. Информация как семейство сведений.....	16
3. ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.....	19
4. СООТНОШЕНИЕ ЗНАНИЙ И ДАННЫХ.....	22
5. ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ.....	26
6. СЕМИОТИКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	28
6.1. Моделирование в построении информационных систем.....	28
6.2. Языки как семиотические системы.....	32
6.3. Семиотические характеристики формальных языков.....	34
6.4. Полнота, непротиворечивость, истинность знаковых систем.....	36
6.5. Семиотические характеристики естественного языка.....	38
7. ФЕНОМЕН ИНТЕЛЛЕКТА И РАЗЛИЧНЫЕ ЕГО ТРАКТОВКИ.....	43
7.1. Определения и метрики интеллекта.....	43
7.2. Структура интеллекта.....	46
7.3. Задачи, решаемые с использованием интеллекта.....	47

8. АГЕНТЫ И СРЕДЫ В ЗАДАЧАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	50
8.1. Агенты в задачах искусственного интеллекта.....	50
8.2. Среда в задачах искусственного интеллекта.....	52
9. СТРУКТУРА, ЗАДАЧИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	54
Литература.....	59

Введение

Трендом развития информационных технологий (ИТ) в современном мире являются трансляционные информационные технологии.

ИТ перестают быть «вещью в себе». Их развитие уже не ограничивается разработкой новых решений в уже существующих отраслях, таких как вычислительные системы, связь, коммуникации и т.д. Принципы и методы ИТ активно применяются («транслируются») во все новые сферы деятельности, позволяя достигнуть качественно новых результатов. Например, в опоре на трансляцию ИТ происходит развивается сегодня городская инфраструктура (концепция «умного города»), медицина (концепция персонализированной медицины).

На мегафакультете трансляционных информационных технологий Университета ИТМО [<http://5100.ifmo.ru/en/page/46/>] принцип трансляции ИТ сформулирован следующим образом:

использование ИКТ для установления «мостиков» между разными областями знания и перехода от фундаментальной науки – к практике

за счет применения технологий искусственного интеллекта для автоматизации процесса получения новых данных, знаний и решений в предметных областях,

основываясь на технологиях Big Data (для работы с самими данными), суперкомпьютерных технологиях (для получения новых знаний и данных), технологиях визуализации и виртуальной реальности (для интерпретации и управления)

Развитие трансляционных ИТ подчиняется принципу «5е»:

1) eScience: методы, алгоритмы, программные средства и ИКТ-инфраструктура междисциплинарных научных исследований и разработок;

2) eKnowledge: методы, алгоритмы, программные средства и ИКТ-инфраструктура для извлечения, интерпретации и использования знаний из сверхбольших объемов данных;

3) eHealth: применение методов и технологий eScience и eKnowledge для трансляционной медицины;

4) eCity: применение методов и технологий eScience и eKnowledge, для современных «умных» городов;

5) eSociety: применение методов и технологий eScience и eKnowledge в науках об обществе и человеке.

Сквозной технологией трансляционных ИТ является искусственный интеллект (ИИ).

Предлагаемое пособие представляет собою краткое введение в проблематику ИИ. Приводятся базовые теоретические концепции, а также примеры постановки и решения практических задач с применением подходов ИИ.

1. ПОНЯТИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Область ИИ представляет собою одну из наиболее бурно развивающихся областей человеческого знания, поэтому в ней происходит активная эволюция понятийного аппарата, а многие понятия до сих пор остаются недостаточно четко определенными.

Некоторое представление о становлении ИИ как научной дисциплины дают основные вехи в его развитии, представленные в табл. 1.

Таблица 1.

Год	Событие
1923	Карел Чапек написал пьесу «RUR», в которой ввел в употребление слово «робот»
1943	сформулирована концепция нейронных сетей
1945	Айзек Азимов ввел в употребление термин «робототехника»
1950	Алан Тьюринг разработал так называемый «тест Тьюринга» – первую попытку формального определения сущности интеллектуальной
1954	А.А. Ляпунов организовал первой в России междисциплинарный семинар «Автоматы и мышление»
1956	Джон Маккарти ввел в употребление термин «искусственный интеллект»
1958	Джон Маккарти разработал LISP – первый язык программирования, специализированный для решения проблем ИИ
1965–1980	Д.А. Поспелов и его ученики формулируют и развивают новое для России направление исследований – ситуационное управление. Эквивалентный подход на Западе получил название «Представление знаний»).
1980–90	В России разработан язык РЕФАЛ, специализированный для решения проблем ИИ
1988	В России создана Ассоциация искусственного интеллекта (РАИИ)

В целом вехи развития ИИ как научной и прикладной дисциплины можно охарактеризовать следующим образом:

- 1960–1980 гг. – фрагментарные удачные решения ИИ для избранных прикладных примеров
- 1980–1990 гг. – массовые удачные решения ИИ, обучаемые человеком

(экспертные системы и пр.)

- 1990–2000 гг. – массовые удачные решения ИИ, обучаемые компьютером (машинное обучение)
- 2000–2010 гг. – унификация решений ИИ для разных предметных областей
- с 2010 гг. – агломерация решений ИИ для разных предметных областей в единое киберпространство, активная трансляция решений ИИ в новые предметные области.

Основываясь на текущем уровне исследований, в Университете ИТМО было сформулировано конструктивное определение ИИ:

искусственный интеллект – это цифровое воспроизведение процессов сознательной активности человека и социума в целом в части творческой обработки и рассуждений на основе нетривиально формализуемой информации в условиях временных и ресурсных ограничений неопределенности и неполноты исходных данных, создающее кибернетические объекты, способные самостоятельно ставить цели и их достигать с качеством не ниже среднего специалиста, способное в перспективе заменить существующие виды деятельности и профессии.

2. ФЕНОМЕН ИНФОРМАЦИИ И РАЗЛИЧНЫЕ ЕГО ТРАКТОВКИ

Что такое информация? На интуитивно-бытовом уровне это, вроде бы, понятно каждому. Более того, информация является главным действующим агентом информационных технологий, эффективность которых в современном мире неоспорима. Тем не менее, до сих пор строгого и полномасштабного, т.е. пригодного для всех разделов информатики, определения понятия "информация" не существует.

Такое положение в науке, вообще говоря, не ново. Например, от введения понятия "температура" до его строгого научного объяснения прошло три века: первый термометр изобрел Галилей в 1597 году, общая теория статистических свойств физических систем Больцмана и Гиббса появилась в конце 19 века, а основы квантовой физики были развиты Планком в начале 20 века.

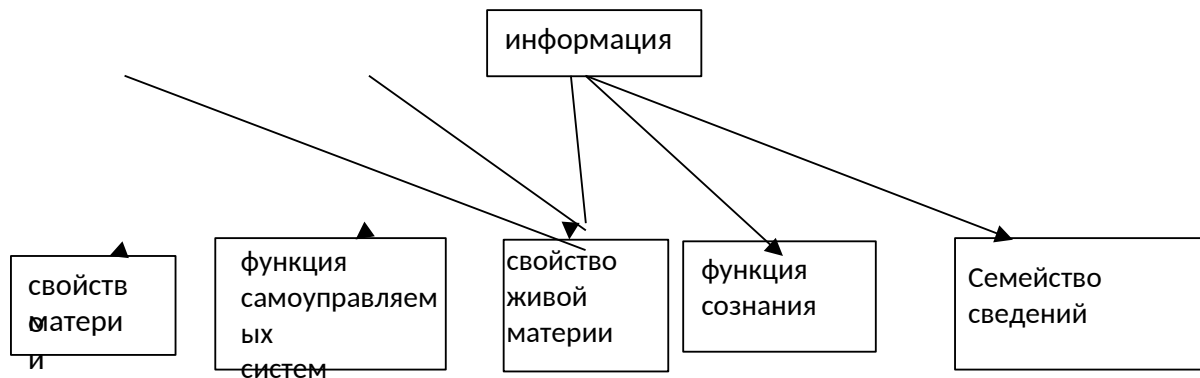


Рис. 1. Классификация трактовок феномена информации

Что же сегодня предлагает теоретическая информатика, а также физика, философия, психология, лингвистика, системный анализ и другие смежные науки для объяснения феномена информации? Различные трактовки можно классифицировать с помощью схемы (рис. 1).

2.1. ИНФОРМАЦИЯ КАК СВОЙСТВО МАТЕРИИ

Понятие "информация" может быть связано с вводимым в философии всеобщим свойством материи – отражением.

Согласно такой трактовке, информация – след чего-то в чем-то (например, ямка, оставленная камнем, лежавшим на песке). Если рассматривать понятие "след" широко, вплоть до философского уровня, то мы приходим к тезису, который выдвинули еще древнегреческие философы – все в мире "оставляет след друг в друге", т.е. непрерывно ("Природа не терпит пустоты") и взаимосвязано.

Информационное взаимодействие, согласно этой трактовке, может быть представлено в виде рис. 2.

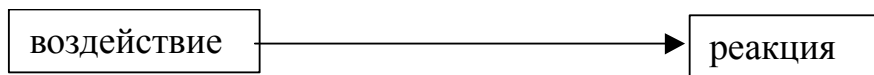


Рис. 2. Информационное взаимодействие как свойство материи

Информация может также рассматриваться как самостоятельная категория, такая же, как вещество и энергия, присущая всем материальным формам.

Эту мысль, хотя и на общеполитическом уровне, высказывал еще Норберт Винер. На физическом уровне она формулируется в виде следующей гипотезы. Существуют неделимые материальные образования (субчастицы), имеющие внутреннюю структуру и сохраняющие свои свойства при любых преобразованиях во Вселенной – от ядерных процессов в звездах до перемещений в вакууме. Отметим, что весьма устойчивые элементарные частицы в природе существуют – это, например, протоны, которые блуждают по всей Вселенной, сохраняя свои свойства. Описанная гипотеза предполагает, что они, в свою очередь, состоят из упомянутых выше субчастиц (порядка 6000), на которых записан "фундаментальный код" Вселенной, программирующий эволюцию всех ее образований, в том числе звезд, планет и различных форм жизни.

2.2. ИНФОРМАЦИЯ КАК ФУНКЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ

Кибернетика рассматривает информацию как функцию уровня организации систем любой природы – технических, биологических, социальных.

При этом в рамках кибернетики существует две трактовки понятия "информация":

- содержание сигнала (сообщения), полученного системой извне;
- мера сложности структуры (мера организации) самой системы.

Основой для обеих трактовок послужила классическая теория информации Хартли-Шеннона, которая возникла в недрах теории связи. Она основана на следующем тезисе: чем более неожиданно (т.е. чем менее вероятно) для нас сообщение, тем больше информации оно несет.

В работе Хартли в 1928 г. была впервые введена количественная мера информации. Пусть телеграмма передается с помощью всего двух символов – точки и тире (т.е. алфавит сообщения состоит из двух знаков). Тогда число различных сообщений длиной n символов равно $N = 2^n$. В качестве меры количества информации I Хартли предложил логарифм числа N , т.е.

$$I = \log_2 N.$$

Тогда единицей информации является количество информации в простейшем сообщении из двух знаков (точка–тире, да–нет). Эта единица называется бит.

Если предположить, что все символы в принятом сообщении равновероятны, т.е. $N = 1/p$, то можно выразить I в вероятностном виде:

$$I = \log_2 N = \log_2 (1/p) = -\log_2 p.$$

Однако это условие выполняется далеко не всегда. Например, в русском языке наиболее часто встречаются буквы $о, е, а$, а наименее часто – $ф, э, и$; в английском языке, соответственно, s, t, e и q, x, z . Заметим, что это обстоятельство хорошо проявляется при игре в "Поле чудес": например, по комбинации

м – щ – – – – –

угадать слово гораздо легче, чем по комбинации

– о – – о – – – ,

т.е. вторая комбинация менее информативна, чем первая.

Поэтому Шеннон в 1948 г. расширил определение Хартли.

Пусть алфавит сообщения состоит из m символов, а вероятность появления i -го символа равна p_i , т.е.

$$\sum_{i=1}^m p_i = 1.$$

Тогда, по Шеннону, количество информации в принятом сообщении есть

$$I = -n \sum_{i=1}^m p_i \log_2 p_i, \quad m \leq n.$$

Если все символы в алфавите равновероятны, т.е.

$$p_i = 1/m,$$

то формула Шеннона переходит в формулу Хартли.

На рис. 3 представлена схема информационного взаимодействия (преобразования информации) в системе, обладающей сложной структурой, для общего случая (рис. 3а) и ее конкретизация для технических систем (рис. 3б).

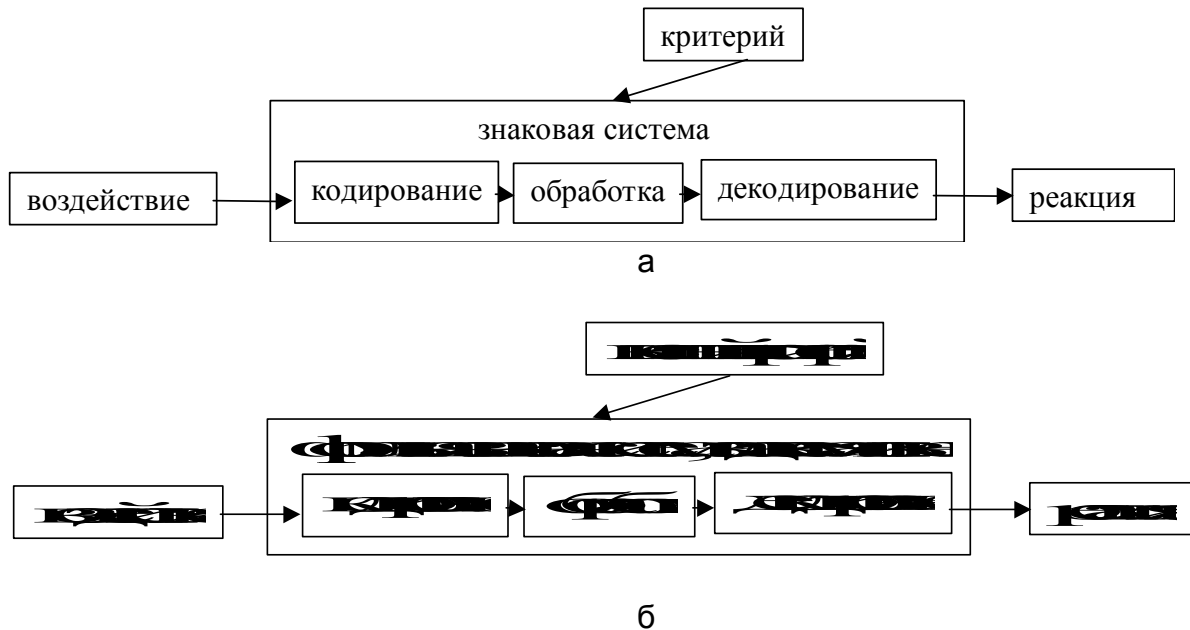


Рис. 3. Схема информационного взаимодействия (преобразования информации) в системе, обладающей сложной структурой:
а – общий случай; б – техническая система

Однако для расчета информационной емкости сообщения по формуле Шеннона существует ряд ограничений:

- вероятность появления данного символа не должна зависеть от других. Пример: по этой формуле количество информации в теле человека – такое же, как в неживой системе, состоящей из равного количества структурных элементов;
- невозможно учесть способ структурирования сообщения (что выбрать за единицу алфавита для сообщения «дом рухнул» – дом, крыша, этаж...);
- невозможно учесть важность сообщения для коммуникантов (больной чихнул / не чихнул или больной жив / умер).

Эти ограничения хорошо преодолеваются в разнообразных задачах связи, позволяя оценить пропускную способность канала связи. Но гораздо сложнее, о чем неоднократно предупреждал сам Шеннон, обстоит дело при распространении его подхода на другие предметные области.

В то же время мы – люди – интуитивно учитываем контекст сообщения, т.е. оцениваем не только то, что непосредственно получено, но и то, в какой знаковой системе оно получено. Эта идея оказалась очень богатой и активно используется в ИИ.

Академик А.Н. Колмогоров предложил для задач программирования связать меру информации со сложностью программы и определил алгоритмическое количество информации как минимальную длину программы, позволяющую однозначно преобразовать одно множество в другое. Однако это определение, по-видимому, тоже имеет ограниченное

применение. Например, сравнительно небольшой длине генетического кода, который вполне можно рассматривать как программу, соответствует огромный массив информации, необходимый для развития организма из зародыша во взрослую особь.

Вернемся к рассмотренному выше примеру – больной "чихнул / не чихнул" или "жив / умер". Изучение этого и подобных примеров показывает, что адекватность применению формулы Шеннона зависит от двух обстоятельств:

- насколько полно мы учли связи между элементами в системе;
- насколько полно мы учли все взаимодействующие элементы в системе.

Последнее обстоятельство приводит нас к понятию "открытая / закрытая система". Говоря крайне упрощенно, открытые системы находятся в состоянии постоянного обмена с окружающей средой, теряя одни элементы и приобретая другие, с другими параметрами. Поэтому значения коллективных переменных оказываются зависимыми от текущего состояния систем, причем, естественно, сильнее всего от ближайшего окружения – от контекста.

Пусть, например, принято сообщение: расстояние от автомобиля до человека 2 метра. Информативность этого сообщения зависит от целого ряда обстоятельств: стоит автомобиль или движется, наезжает на человека или отъезжает, а может быть, это детская игрушка или музейный экспонат; кто оценивает ситуацию – и т.д. Соответственно, в систему включаются не только человек и автомобиль, но и другие элементы – дорога, тротуар, другие участники движения, ребенок и т.д.

Человек во всей своей жизни – при распознавании речи, зрительных образов, при общении и т.д. – постоянно выполняет текущую оценку не только конкретного объекта, но и ситуации в целом, что, собственно говоря, и обеспечило ему колоссальные преимущества в эволюции. Реализация управления на контекстах, т.е. использование оценки текущего значения параметров системы в зависимости от состояния окружения, есть одна из главных задач ИИ. В технических системах оно реализуется уже сегодня, но в очень упрощенных вариантах и, самое главное, с использованием критериев, задаваемых извне.

2.3. ИНФОРМАЦИЯ КАК СВОЙСТВО ЖИВОЙ МАТЕРИИ

Целый ряд авторов считает, что информация – это свойство, специфичное только для живой материи. Так, в биологии жизнь определяется как способ существования органических систем, основанный на использовании внутренней информации.

Что же такое "внутренняя информация"?

Живой организм, как и любая, в том числе неживая, система, взаимодействует с окружающей средой и несет на себе следы этого

взаимодействия. Однако специфика живого организма состоит в том, что он способен кодировать эти следы и записывать их на специальный носитель – геном, которым может обмениваться с другими живыми организмами. Такая запись и является внутренней информацией. С гибелью отдельной особи эта информация не пропадает, а напротив, в процессе многократной передачи "от родителей к детям" накапливается и совершенствуется, повышая общую приспособляемость популяции в целом.

Схема информационного взаимодействия в живой материи представлена на рис. 4.

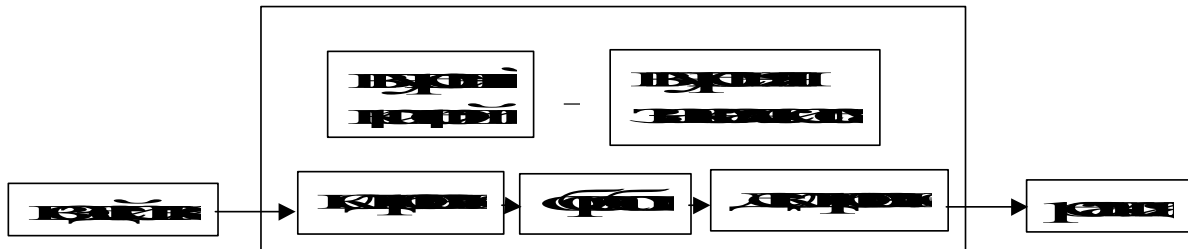


Рис. .4. Схема информационного взаимодействия в живой материи

Выделим здесь два важных момента.

Во-первых, чтобы описанный процесс передачи информации запустился и продолжался, необходимо, чтобы у отдельной особи возникло внутреннее ощущение "хорошо – плохо". По мнению многих исследователей, именно это внутреннее ощущение "хорошо–плохо" или его эквиваленты, которые можно назвать "внутренняя активность", "внутренний критерий" или "внутреннее целеполагание", и являются единственной принципиальной гранью, отделяющей живое от неживого.

На сегодняшнем уровне развития техники создается множество очень эффективных самообучающихся систем. Однако внимательное рассмотрение показывает, что они обучаются, т.е. "улучшают свое поведение", по критериям, задаваемым извне (см. рис. 2.1.3б).

Во-вторых, живой организм записывает не просто следы конкретных взаимодействий. Он их группирует, кодирует (т.е. обозначает каждую группу своим знаком) и хранит уже в виде кода.

Первым кодом, знаменовавшим возникновение жизни на Земле, явился генетический код. По мере эволюции живые существа приобретали все новые знаковые системы (языки), и наивысшего развития этот процесс достиг с появлением сознания.

2.4. ИНФОРМАЦИЯ КАК ФУНКЦИЯ СОЗНАНИЯ

Большинство ученых в той или иной степени разделяет мнение, что феномен информации наиболее полно проявляется через сознание. Данные современной психологии говорят о том, что элементы сознания

присутствуют уже у высших животных, однако в полной мере о сознании можно говорить только у человека. Норберт Винер прямо включает компонент сознания в свое определение информации:

"Информация – обозначение содержания, черпаемого из внешнего мира в процессе приспособления к нему и приведения в соответствие с ним нашего мышления".

Обобщая взгляд различных наук, в том числе когнитивистики и психологии, можно предложить следующую модель. Человек как система, обладающая сознанием, взаимодействует с окружающим миром путем преобразования

внешний мир → образ → знак → смысл

и обратно, причем смысл – это то общее (семантический инвариант), что содержится во всех образах данного явления действительности.

С другой стороны, мы, воспитанные в традициях европейской научной школы Нового времени, твердо убеждены, что все в мире можно объяснить с помощью математики и логики. Присутствие чего-то неформализуемого всегда (и до сих пор) очень раздражало представителей рациональной европейской науки. Сейчас отметим только сформированный на этой основе подход к трактовке информации как инструмента, придуманного человеком.

Ряд исследователей, в том числе академик А.Н. Колмогоров, предлагают считать информацию научной абстракцией, не существующей в физической реальности и введенной человеком как вспомогательное средство изучения реальной действительности (подобно материальной точке, не имеющей линейных размеров, или мнимому числу). В определенных пределах (например, если мы ограничиваемся только изучением сигналов) этот подход вполне правомерен, однако полностью феномен информации он, как показывают более подробные исследования, не объясняет.

С другой стороны, постоянно предлагаются все новые теории, объясняющие происхождение и физическую природу «смыслов», в том числе:

- Роджер Пенроуз: поток сознания образуется за счет алгоритмически непредсказуемых квантовых превращений ("моментов сознания"); например, в человеческом мозге происходит несколько сотен миллионов "моментов сознания" в секунду, а в нервной системе червя – не более двух в секунду.
- академик М.А. Марков – модель "кольца мироздания"; все параметры физического мира оказались очень точно "настроены" на появление разумных существ за счет обратной связи "материя – разум – материя". Разум, согласно этой модели, играет на своем системном уровне ту же роль, что гомеостаз у животных и инерция в неживой материи –

роль параметра равновесия. Соответственно, и информация на разных системных уровнях проявляется по-разному.

- В.В. Налимов: в мироздании существует как бы две реальности – физическая и смысловая; существует семантический вакуум, в котором потенциально заложены все смыслы, которые проявляются через сознание; при этом сознанием в той или иной мере обладают и другие живые формы, а также биосфера в целом.
- профессор Борис Исаков: носителем информационно-энергетического поля, содержащего сведения обо всем, что было, есть и будет во Вселенной, является мировой лептонный газ (сверхлегкие микрочастицы).
- Ю.М. Лотман: информация – это язык мира как живого целого, как "метасознания". Ее важнейшей особенностью является непроявленный смысл, который раскрывается через индивидуальное сознание. Проявление смысла – понимание – преобразует информацию в знание, причем понимание невозможно без использования оценки (критерия), который берется из сферы ценностей.

Конечно, эти теории воспринимаются сегодня как экзотические, но во многом они не противоречат уже существующим фактам.

2.5. ИНФОРМАЦИЯ КАК СЕМЕЙСТВО СВЕДЕНИЙ

Эта трактовка информации имеет хорошее математическое обоснование, которое предложил А.В. Чечкин.

Базисным понятием является информация о точке, которая определяется следующим образом. Пусть x_0 – точка множества X ; δ – подмножество множества X , которое определяется свойством δ . Тогда четкое (элементарное) сведение о точке $x_0 \in X$ – это:

- факт $x_0 \in \delta$;
- истинное высказывание "точка x_0 обладает свойством δ ";
- предикат $\delta(x_0)$.

Приведенные определения можно расширить. В частности, можно использовать отрицательные высказывания, например:

- факт $x_0 \notin \delta$
- истинное высказывание "точка x_0 не обладает свойством δ "
- предикат $\delta(x_0) = \bar{\delta}(x_0)$.

Можно также, используя аппарат нечетких множеств, ввести семантическую достоверность высказывания P , $0 < p < 1$.

На основе набора сведений о точке формируется информация о точке (или информация об объекте) $I(x_0)$ как непустое семейство элементарных (четких) сведений или нечетких о точке. Примером может служить информация о местожительстве человека:

δ_1 – г. СПб

δ'_1 – Питер

δ_2 — ул. УУУУУ

δ'_2 — метро ММММ

δ_3 — д. №№

δ'_3 — дом через дорогу

δ_4 — кв. №№№№

δ'_4 — квартира на ЭЭ этаже направо от лифта

Наборы сведений (носители информации) $\{\delta_i\}$ и $\{\delta'_i\}$ дают одну и ту же информацию о местожительстве и называются эквивалентными.

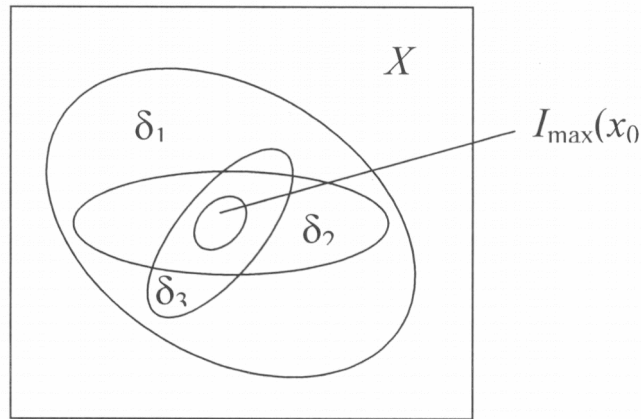


Рис. .5. Формирование информации о точке как семейства сведений

Как показано на рис. 5, информация о точке связывается с процессом выделения в опорном множестве X более близких к x_0 точек и отбрасывания дальних точек. С топологической точки зрения этот процесс называется процессом фильтрации опорного множества X , а элементарная информация, состоящая из всех возможных сведений $\delta(x_0)$ о точке, является единственной максимальной информацией $I_{\max}(x_0)$ и называется ультрафильтром.

Очевидна аналогия предложенного подхода с моделью базы данных:

- сведение о точке – запись в базе данных;
- x_0 – идентификатор объекта (ключ записи);
- δ – понятие;
- решетка понятий L – атрибуты (свойства);
- опорное множество X – тип объекта
- локальная база данных – декартово произведение $X = L \times X$ (четкая база) или $X = P \times L \times X$ (нечеткая база), т.н. *ультрамножество*
- распределенная база данных: в простейшем случае – набор $\langle \{X_1, X_2\}; C_{12}X_1 \rightarrow X_2 \rangle$, где C_{12} – оператор ссылки; в общем случае – мультиграф, вершины которого соответствуют локальным базам данных, а дуги – ссылкам. Пример – гипертекст.

Этот же подход можно обобщить на построение базы знаний. Так, локальная база знаний (которая, в простейшем случае, формируется на двух базах данных) представляет собой набор

$$\left(\left[\tilde{X}_1, \tilde{X}_2 \right] ; \tilde{C}_{12} : \tilde{X}_1 \rightarrow \tilde{X}_2 \right)$$

Здесь \tilde{C}_{12} – ультраоператор, который осуществляет отображение не на опорных множествах, а на ультрамножествах, т.е. на информациях о точках. Распределенная база знаний в этом модельном представлении формирует ультратекст – новый гипертекст, дополненный логическими следствиями сведений первоначального гипертекста на основе знаний, которые представлены в форме ультраоператоров.

Выделим плюсы и минусы обсуждаемого подхода:

- + подход конструктивный и органичный для современной парадигмы ИТ;
- + можно описывать недоопределенные модели;
- не решена проблема задания базового опорного множества; в конечном итоге, требуется единый универсум с аксиомой тождества, а это не всегда возможно.

Обобщить материал параграфа 2 можно следующим образом.

Говорить об информации в той или иной трактовке люди стали уже очень давно – еще со времен древних философов. Единого понимания феномена информации до сих пор нет. Однако весьма продуктивной для описания ИИ оказывается схема информационного взаимодействия с участием сознания.

3. ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Как видно предыдущего параграфа, ситуация с феноменом информации сегодня очень напоминает известную притчу о том, как слепые изучали слона.

"Слон – это большой столб", – сказал тот, кто ощупывал ногу. "Нет, слон – это змея", – возразил тот, кому достался хобот. "Слон – это веревка с кисточкой", – мнение того, кто дергал за хвост. И, наконец, подытожил дискуссию тот, кто не дотрагивался до слона: "Слон – это громкая труба".

Однако не все так безнадежно. Внимательное рассмотрение показывает, что большинство предложенных определений не противоречат друг другу, а описывают разные проявления феномена информации. Можно также выделить некоторые общие свойства информации – в частности, то, что она проявляется в процессе взаимодействия между какими-либо сущностями (объектами или субъектами), а также ее целевой характер.

В соответствии с задачами нашего курса мы будем рассматривать в основном информационные взаимодействия, в которых участвует человек – как субъект или как создатель искусственной (в частности, технической) среды. Обобщенная модель такого информационного взаимодействия представлена на рис. 6. Ориентируясь на рис. 6, информационные взаимодействия с участием сознания можно разделить на два типа – модельные (с участием знаковых систем) и бесструктурные.

Процесс модельного взаимодействия можно развернуть в алгоритм:

1. Рождение сообщения, наделенного смыслом (в психической среде).
2. Соотнесение будущего сообщения с контекстом (знаниями), выбор адекватной дедуктивной (знаковой) системы, формулирование сообщения на соответствующем языке (мысленно).
3. Закладка сообщения в сигнал, генерация и модуляция сигнала (например, мышцами гортани).
4. Прохождение сигнала через канал передачи (например, акустический).
5. Прием сигнала (выделение из помех, демодуляция и декодирование).
6. Предсказание дедуктивной (знаковой) системы, установление ее адекватности (на основе анализа текущего контекста и имеющихся знаний).
7. Интерпретация сообщения, постижение его смысла (в психической среде).

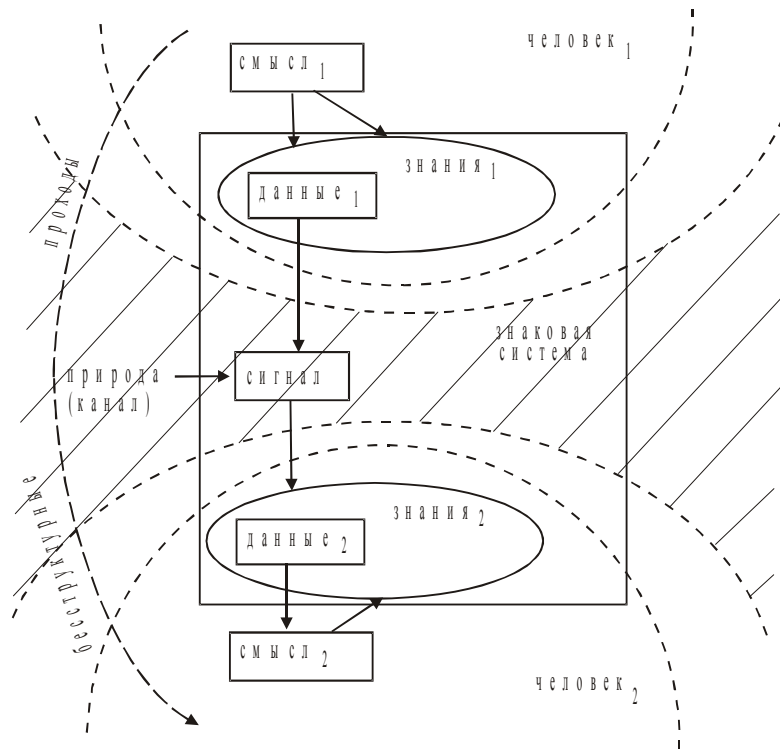


Рис. 6. Обобщенная схема информационного взаимодействия с участием человека

Во взаимодействии между двумя конкретными людьми или между конкретным человеком и природой существуют также бесструктурные проходы, когда информация передается и воспринимается не в виде набора знаков, принадлежащих определенной знаковой системе. К таким взаимодействиям в той или иной степени можно отнести:

- интегральное восприятие произведений искусства, явлений природы;
- эмпатическое восприятие;
- экстрасенсорное восприятие;
- практики "потока", культивируемые Востоком

Можно предполагать (и это мнение находит многочисленные подтверждения в психологии), что в бесструктурном информационном взаимодействии проявляется биологическая природа человека. По данным зоопсихологии, интегральная (эмоциональная) оценка ситуации появляется в эволюции уже у низших млекопитающих (грызунов). Достаточно рано в эволюции появляется и способность к выделению отдельных фрагментов (структурированию) окружающего мира. Примером примитивной формы такого структурирования может служить лягушка, которая воспринимает только движущиеся объекты. Однако способностью формирования из отдельных структурных элементов знаковой системы обладает только человеческое сознание, причем в экстравертированной форме.

На сегодняшний день использование бесструктурных взаимодействий активно входит в сферу применения ИИ. Например, описать с применением формальных моделей, почему именно конкретный человек предпочел купить конкретный товар – это вряд ли решаемая задача. Однако можно изменить ее постановку – методами ИИ (в частности, с применением технологий машинного обучения) выделить группы людей, которые статистически чаще предпочитают конкретные группы товаров, и использовать полученную информацию в маркетинге.

Обобщить материал параграфа 3 можно следующим образом.

- В общем случае информационное взаимодействие включает в себя преобразование "идеальное – материальное – идеальное". Отдельные его переходы могут быть объективизированы, т.е. выполняться только в сфере материального.
- Можно выделить два основных пути рассмотрения информационного взаимодействия – модельное, основанное на структурировании информации, и бесструктурное.
- В традиционных ИТ рассматривается только модельный подход, в основе которого лежат три формы представления информации – сигнал, данные и знания; однако бесструктурные переходы также могут быть изучены и использованы средствами ИИ.

4. СООТНОШЕНИЕ ЗНАНИЙ И ДАННЫХ

Введенные схемы позволяют сформулировать проблему взаимоотношения данных и знаний. Наиболее распространенная на сегодня трактовка этого вопроса предложена Д.А. Пospelовым.

Рассмотрим его пример: человек, выйдя «на природу», увидел что-то и воспринял «это» как корову. Очевидно, что весь информационный комплекс, который возникает у человека в этой ситуации, оказывается логически непротиворечивым – в противном случае у него возник бы мощнейший психический дискомфорт.

В то же время, если все его знания о коровах, соответствующие разным ситуациям – корова на лугу, корова – детская игрушка, корова Ио из древнегреческого мифа и т.д. – совместить в рамках одной конкретной ситуации, то получится логически противоречивая система. Тем не менее, человек спокойно живет в мире этого «абсурда». Значит, эта информация так организована в его сознании, чтобы избежать возможных логических противоречий.

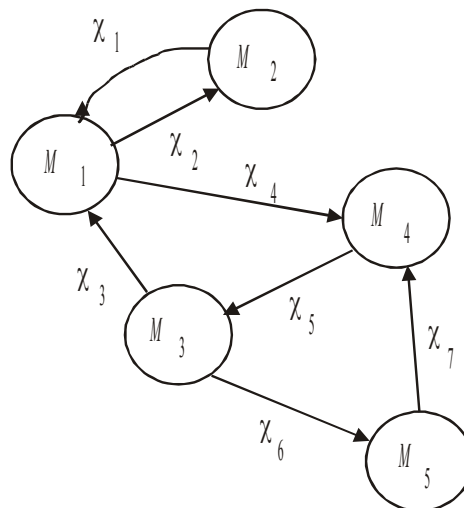


Рис. 7. Схема преобразования знаковых систем

Одна из возможностей такой организации информации показана на рис. 7. Каждая вершина сети представляет собою некоторую знаковую систему (ЗС) (другое название – мир) M_i . В ней хранится логически непротиворечивая информация, совместимая в рамках одной ситуации. Принципиально такую ЗС можно формализовать и воспроизвести техническими средствами (например, нарисовать корову на бумаге).

Но возможны и другие ситуации (другие возможные миры), в которых действуют другие аксиомы и семантические правила, а также своя интерпретация (например, запись мычания коровы на пленку). Это – уже другие ЗС (M_{i+1}, M_{i+2}, \dots).

Связи χ_i между вершинами задают переходы от одной ЗС к другой. Некоторые из таких связей могут быть формализованы и, следовательно, объективизированы (т.е. выведены в сферу материального). Тогда соответствующие переходы $M_i \rightarrow M_{i+1}$ могут быть реализованы техническими средствами (без участия человека), а весь граф рис. 2.2.2 превращается в семантическую сеть. Например, можно заснять корову, пасущуюся на лугу, на пленку, а затем печатать отдельные кадры на принтере.

Другие связи реализуются через обращение к смыслам объектов, входящих в конкретную ЗС. Такие переходы (по крайней мере, на сегодняшнем уровне развития науки) полной формализации не поддаются. Например, человек увидел корову на лугу и принял решение, какую игрушку купить ребенку.

Возможны также слабо формализуемые, в частности, контекстно-зависимые связи. Это – сфера активных исследований в области ИИ.

Таким образом, согласно Д.С. Поспелову:

- данные есть комплекс информации, совместимый в рамках некоторой формальной системы с учетом всех возможных интерпретаций этой системы.
- знания есть информация, которая хранится во всех возможных мирах, вместе с условиями перехода от одного мира к другому.

Очень упрощенно этот подход можно выразить следующим образом: знания – это структуры и связи между ними; данные – это значения соответствующих им переменных (задаваемые, в частности, в числовой, описательной и др. формах).

В форме, более приближенной к терминологии информатики, определение Д.С. Поспелова можно выразить так:

данные – способ представления информации, обеспечивающий ее однозначную трансляцию от источника к приемнику (без учета влияния канала распространения).

Легко видеть, что такое деление вполне соответствует общекультурному пониманию слова «знания».

Обратим внимание на следующие аспекты взаимоотношений данных и знаний.

- Могут ли существовать знания без данных? Да, конечно. Примерами могут служить любая незаполненная таблица, набор физических формул и т.д. Обратное, вообще говоря, неверно: цифра 2 сама по себе может рассматриваться как данные только в каком-то вырожденном (практически неинтересном) случае, а 2 кг масла – это уже данные.

- Упорядочение данных без внешней цели, задаваемой относительно информационной базы в целом, логически бессмысленно.

Сравним введенные определения с другими трактовками знаний и данных, имеющими место в литературе.

Данные – экстенционал понятия, а знания – интенционал понятия. Напомним, что в логической семантике экстенционал понятия – набор конкретных фактов, соответствующих данному понятию, а интенционал понятия – это определение данного понятия через другое понятие, более высокого уровня абстракции, с указанием специфических свойств определяемого.

Например, для понятия "корова" экстенционалом может служить перечисление кличек (Зорька, Машка, Рыжуха, ...), а интенционалом – определение типа «жвачное животное, имеющее такие-то специфические свойства».

Можно также задать интенционал понятия через конкретную процедуру, позволяющую определить принадлежность того или иного конкретного факта к данному понятию.

Например, для понятия «четное число» экстенционалом будет являться перечисление (2, 4, 6, ...), а интенционалом – характеристическое правило: если при делении на 2 данное число имеет нулевой остаток, то оно является четным числом.

Эквивалентом рассматриваемой трактовки служит широко распространенное определение:

знания – это хорошо структурированные данные, или данные о данных, или метаданные.

Обсуждаемая трактовка понятия «знания» широко используется на практике. В частности, именно она лежит в основе идеологии объектно-ориентированного программирования. Однако она является лишь частным случаем рис. 7, когда в качестве χ используется только связь АКО (a kind of...) и работает далеко не всегда – не весь предметный мир удастся структурировать по иерархической схеме.

Данные декларативны, а знания процедурны. Эта трактовка отражает переход от программирования в машинных кодах, где очень сильны ограничения по объему памяти, к языкам программирования более высокого уровня.

Декларативные знания – знания, которые записаны в памяти интеллектуальной системы так, что они непосредственно доступны для использования после обращения к соответствующему полю памяти. Обычно декларативные знания используются для представления информации о свойствах и фактах предметной области.

Процедурные знания – знания, хранящиеся в памяти интеллектуальной системы в виде описаний процедур, с помощью которых их можно получить. Обычно процедурные знания используются для представления информации о способах решения задач в проблемной области, а также различные инструкции, методики и т.п.

Иногда встречается другая формулировка этой дихотомии – деление на фактуальные знания (осмысленные данные) и операционные знания (правила обработки информации, основанные на общих зависимостях между фактами). Например: «цена товара = 20 руб.» – фактуальное знание; формула расчета «Стоимость товара = Цена * Количество» – операционное знание.

По существу, эта трактовка соответствует рис. 7, если в нем ограничиться одной ЗС, представимой как конечный автомат. Как практически разделить "данные" и "сведения" – в этой трактовке остается неясным.

Более того, предложены и другие разграничения понятий «данные» и «знания», связанные со степенью их достоверности: сведения – часть знаний, критерий истинности которых не одинаков у различных участников познавательного процесса, а факт – знание в форме утверждения, достоверность которого строго установлена. Там же данные определяются как сведения, полученные путем измерения, наблюдения, логических или арифметических операций, представленные в форме, пригодной для постоянного хранения, передачи и (автоматизированной) обработки.

Знания – субъективная часть информации. Предложено следующее определение: знания (в информатике) – вид информации, отражающей опыт специалиста (эксперта) в определенной предметной области, его понимание множества текущих ситуаций и способы перехода от одного описания объекта к другому.

Такой подход также соответствует рис. 7, но "в целом". В отличие от рис. 7, здесь не отражена структура знаний, что затрудняет его практическое использование (например, для построения экспертных систем – как разделять функции машины и человека?). Кроме того, разве не существуют объективные знания?

Знания = факты + доверия + эвристики. Эвристикой называется набор правил по отображению интуитивной теории в формальную (логическую, математическую) теорию. Это определение содержательно вполне соответствует рис. 7, если понимать под фактами узлы сети, под довериями – веса связей между ними, задаваемые на основе формальных теорий (в том числе статистически или экспертно), а под эвристиками – связи, устанавливаемые на основе интуиции.

Обобщить материал параграфа 3 можно следующим образом.

- Разделение на данные и знания, достаточно удобное для проектирования ИТ, не может быть выполнено однозначно.
- Рис. 2.2.2 можно рассматривать как обобщающий, а для решения конкретной ИТ-задачи целесообразно транслировать ее постановку на него.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Проведенное рассмотрение информационного взаимодействия показывает, что в наибольшей степени ему соответствует трактовка информации, предложенная Н. Винером:

информация – обозначение содержания, черпаемого из внешнего мира в процессе приспособления к нему и приведения в соответствие с ним нашего мышления.

ГлоссарийЕст дает такое определение:

информация уменьшает степень неопределенности, неполноту знаний о лицах, предметах, событиях и т.д.

В Интернете можно найти и более широкие трактовки, например:

информация: первоначально – сведения, передаваемые людьми устным, письменным или другим способом (с помощью условных сигналов, технических средств и т.д.); с середины 20 века – общенаучное понятие, включающее обмен сведениями между людьми, человеком и автоматом, автоматом и автоматом, обмен сигналами в животном и растительном мире, передачу признаков от клетки к клетке, от организма к организму; одно из основных понятий кибернетики.

Нельзя не привести определение информации в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 27 июля 2006 г. N 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»:

информация – сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления;

документированная информация – зафиксированная на материальном носителе путем документирования информация с реквизитами, позволяющими определить такую информацию или, в установленных законодательством Российской Федерации случаях, ее материальный носитель;

В предыдущей версии закона (Федеральный закон от 20 февраля 1995 года N 24-ФЗ «Об информации, информатизации и защите информации») дается несколько другой вариант определения:

информация – сведения о лицах, предметах, фактах, событиях, явлениях и процессах независимо от формы их представления.

В заключение отметим, что в отдельных науках имеют место проблемно-ориентированные определения информации, например:

- в математике, системном анализе – любая сущность, которая вызывает изменения в некоторой информационно-логической (инфологической – состоящей из сообщений, данных, знаний, абстракций и т.д.) модели, представляющей систему;
- в теории управления, кибернетике – сообщения, полученные системой от внешнего мира в процессе адаптивного управления, приспособления;
- в теории информации – связи и отношения, устраняющие неопределённость в системе; др. словами – мера устранения неопределенности;
- в теории вероятностей – вероятность выбора в системе;
- в философии – отражение материи, атрибут сознания, «интеллектуальности» системы.

6. СЕМИОТИКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

6.1. МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПОСТРОЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Рассмотренная ранее модель информационного взаимодействия с участием сознания говорит нам о том, что для организации коммуникации с внешним миром и друг с другом человек отображает бесконечный мир конечными средствами, т.е. строит модели и живет в них. Пример – явление природы «рассвет» и его обозначение одним словом.

На уровне «здорового смысла» моделью называется объект-заместитель, который в определенных условиях может заменять объект-оригинал, воспроизводя интересующие нас свойства и характеристики оригинала, причем имея существенные преимущества удобства (наглядность, обозримость, доступность испытаний, легкость оперирования с ним и пр.). Теория моделей – раздел математики – определяет модель как результат отображения одной абстрактной математической структуры на другую, также абстрактную, либо как результат интерпретации первой модели в терминах и образах второй.

С точки зрения теории систем термин "модель" имеет два значения:

- средство для отображения одной структуры (не обязательно формальной) на другую;
- результат такого отображения для конкретного объекта или подсистемы.

Легко видеть, что языки, которые использует человек – как естественные, так и искусственные, в том числе формальные – вполне соответствуют системному определению понятия «модель». Например, фраза «солнце встало» есть модель явления природы «восход», а русский язык – модель природы.

Отношение моделирования можно графически представить в виде диаграммы (рис. 8). Здесь A, A' – состояния среды; B, B' – состояния модели, отображающей среду; λ, δ – отношения моделирования. Операторам T преобразования в среде должны согласованно соответствовать операторы Q преобразования в модели, а диаграмма в целом должна быть коммутативной.

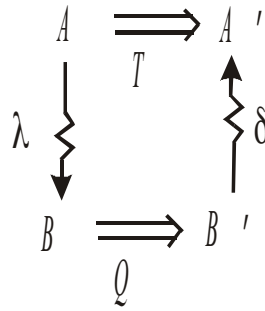


Рис. 8. Диаграмма моделирования

«Согласованность» между моделью и оригиналом может задаваться по-разному.

Первое, естественно возникающее требование к модели – это полное тождество строения модели и "оригинала". Требование это реализуется, как известно, в условии *изоморфизма* модели и "моделируемого" объекта относительно интересующих исследователя их свойств: две системы объектов с определёнными на них наборами предикатов, т.е. свойств и отношений, называются изоморфными, если между ними установлено такое взаимно-однозначное соответствие (т.е. каждый элемент любой из них имеет единственного "напарника" из числа элементов другой системы), что соответствующие друг другу объекты обладают соответствующими свойствами и находятся (внутри каждой системы) в соответствующих отношениях между собой.

Общее определение изоморфизма систем объектов с заданными на них в конечном числе отношениями между постоянным для каждого отношения числом объектов таково.

Пусть даны две системы объектов S и S' , причём в первой определены отношения

$$F_k(x_1, x_2, \dots, x_n), k=1, 2, \dots, n,$$

а во второй – отношения

$$F'_k(x'_1, x'_2, \dots, x'_n), k=1, 2, \dots, n.$$

Системы S и S' с указанными в них отношениями называются изоморфными, если их можно поставить в такое взаимно однозначное соответствие

$$x' = \varphi(x), x = \psi(x'),$$

(где x - произвольный элемент S , а x' - произвольный элемент S'), что из наличия $F_k(x_1, x_2, \dots)$ вытекает $F'_k(x'_1, x'_2, \dots)$, и наоборот. Само указанное соответствие называется при этом изоморфным отображением, или изоморфизмом.

В качестве примера рассмотрим систему R всех действительных чисел с заданной на ней операцией сложения $x = x_1 + x_1$ и систему P положительных действительных чисел с заданной на ней операцией умножения

$y = y_1 y_2$. В системе R определено отношение $F(x, x_1, x_2)$, где $x = x_1 + x_2$, в системе P - отношение $F'(y, y_1, y_2)$, где $y = y_1 y_2$; взаимно однозначное соответствие устанавливается по формулам $y = a^x, x = \log_a y$. Следовательно, эти системы изоморфны, т.е. внутреннее "устройство" этих двух систем чисел совершенно одинаково..

Однако выполнение условия изоморфизма может оказаться затруднительным, да и вообще настаивать на нём неразумно, поскольку никакого упрощения исследовательской задачи, являющейся важнейшим стимулом для моделирования, использование одних лишь изоморфных моделей не даёт. Тогда возникает представление о модели как об упрощённом образе моделируемого объекта, что приводит к требованию *гомоморфизма* модели "оригиналу". В последнее время вместо термина "гомоморфизм" все чаще используется более короткий (усеченный) термин – "морфизм".

Пусть заданы две системы:

система S состоит из объектов a, b, \dots и включает операции O, P, \dots , причем результаты операций $O(a, b, \dots), P(a, b, \dots)$, являются элементами системы S ;

система S' состоит из объектов a', b', \dots и включает операции $O', P' \dots$, причем результаты операций $O'(a', b', \dots), P'(a', b', \dots)$, являются элементами системы S' ;

тогда отображение $a \rightarrow a'$ множества элементов системы S в множество элементов системы называется гомоморфизмом системы в систему S' (относительно указанных операций, если при этом отображении

$$O(a, b, \dots) \rightarrow O'(a', b', \dots), P(a, b, \dots) \rightarrow P'(a', b', \dots), \dots$$

Другими словами, гомоморфизм, как и изоморфизм, "сохраняет" все определённые на исходной системе свойства и отношения, но, в отличие от изоморфизма, это отображение, вообще говоря, однозначно лишь в одну сторону: образы некоторых элементов оригинала в модели оказываются "склеенными". Понятно также, что изоморфизм – это взаимно однозначный гомоморфизм.

Эту идею можно обобщить следующим образом:

две системы объектов S и S' находятся в отношении моделирования, если некоторый гомоморфный образ S и некоторый гомоморфный образ S' изоморфны между собой.

Здесь требуется лишь тождество структуры некоторых "упрощённых вариантов" каждой из этих систем.

Морфизмы играют в математике исключительную роль. Коль скоро математику не без оснований часто отождествляют с математическим моделированием, то приведем афоризм из одной умной философской книжки: хорошая модель всегда гомоморфна.

В общем случае возможны различные соответствия, сохраняющие математическую структуру, заданную на множествах S и S' , они

называются морфизмами структуры. Например, морфизмами структуры множеств с разбиениями являются соответствия, переводящие каждый класс разбиения одного множества целиком в некоторый класс разбиения другого множества так, что разные классы преобразуются в разные. Другими примерами морфизмов структуры являются гомоморфизмы групп, а также непрерывные отображения топологических пространств.

Самостоятельную группу составляют нечеткие отношения моделирования.

Отношение моделирования всегда (хотя, может быть, и неявно) является целевым (в частности, параметризуется целью – если получается), т.е. модель отображает не весь объект-оригинал, а то, что нас в нем интересует, т.е. то, что соответствует поставленной цели.

Это легко увидеть из такого примера: одну и ту же ситуацию несданного экзамена мы описываем маме, другу или преподавателю по-разному.

К сожалению, выразительных средств, которые предоставляет теория моделей, для задач, решаемых в ИТ, часто оказывается недостаточно. Поясним возникающие здесь проблемы.

Теория множеств – базовая теория современной математики – оперирует со всеми множествами, кроме тех, которые нельзя создать. Все эти множества, объединенные в одно множество, называются универсумом. Это вполне совпадает с физическим пониманием Вселенной как универсума.

Однако теория множеств строится на неопределяемых понятиях – "множество", "отношение тождества" (элемент тождествен сам себе), "отношение принадлежности" (т.е. "элемент принадлежит множеству").

Например, не является множеством, например, "множество мыслей в голове". И не из-за их количества, а из-за того, что эти мысли-элементы невозможно четко разделить в общей каше, разложить по полочкам и разметить.

В теории множеств предполагается, что мы всегда четко знаем, что принадлежит данному множеству, а что нет; остальное считаем несуществующим вообще. В то же время в задачах, возникающих в реальной жизни, мы достаточно часто не можем "дойти до примитивов", т.е. описать объекты, фигурирующие в задаче, как набор терминальных объектов (например, в виде подмножеств, составленных из уже упомянутых 10^{80} частиц, образующих Вселенную).

Наглядный пример этого приводит Бертран Рассел:

«Допустим, что вашего друга зовут м-р Джонс. Его очертания с физической точки зрения довольно неопределенны как потому, что он непрерывно теряет и приобретает электроны, так и потому, что каждый электрон (...) не имеет резкой границы (...). Поэтому внешние очертания м-ра Джонса имеют в себе нечто призрачно-неосоздаваемое, что никак не

ассоциируется с видимой плотностью вашего друга. Нет никакой необходимости вдаваться в тонкости теоретической физики для того, чтобы показать, что м-р Джонс есть некая печальная неопределенность. Когда он стрижет ногти, то в этом процессе есть определенный, хотя и короткий, период времени, когда нельзя сказать, продолжают ли еще обрезки его ногтей быть частью его самого или уже нет. Когда он ест баранью котлету, то можно ли с точностью установить момент, когда котлета становится частью его самого? Когда он выдыхает углекислый газ, то является ли этот последний частью его самого, пока не выйдет из его ноздрей? (...) Так или иначе, все же становится неясным, что еще является частью м-ра Джонса, а что не является».

Можно привести много подобных примеров относительно границ объектов. Хороший пример «природной» границы и ее искусственного задания – герои в фильме (на киноплёнке) и те же герои в мультипликационном фильме.

Между тем человек (и даже высшие животные) легко справляется с подобными проблемами. Для него текущее переструктурирование наличной ситуации (т.е. выделение в ней совершенно другой системы объектов) – вполне обычная и, как будет показано далее, исключительно эффективная стратегия решения задач.

Для традиционной техники это недоступно. Она работает с определенным набором терминальных объектов, расположенных в координатном пространстве – пространстве счетной размерности, т.е. с множествами мощностью не выше $R1^1$.

Именно здесь лежит основное направление развития ИИ. Применение моделей и подходов ИИ позволяет практически реализовать схему преобразования ЗС, представленную на рис. 7, т.е. строить модель текущего фрагмента универсума, актуальную для конкретной решаемой задачи.

Обобщить материал параграфа 6.1 можно следующим образом.

- Моделирование есть неотъемлемый этап проектирования информационной системы, так как любая информационная система есть не что иное, как модель или совокупность моделей различных информационных процессов, существующих в природе, в том числе с непосредственным участием человека. Изоморфность или гомоморфность этих моделей реальности, а также их внутренняя непротиворечивость и определяют жизнеспособность проектируемой информационной системы.
- Основной проблемой моделирования при проектировании информационной системы является проблема структурирования моделей. Она непосредственно связана с формированием формальной

¹ Вспомним теорию множеств: любая геометрическая фигура, содержащая хоть одну линию, содержит столько же точек, сколько и отрезок.

системы, в рамках которой будет функционировать информационная система.

6.2. ЯЗЫКИ КАК СЕМИОТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Как уже говорилось, в ИТ рассматривается уровень информационного взаимодействия, соответствующий человеку как системе, обладающей сознанием (рис. 7), причем главным образом одна его сторона – модельное взаимодействие, основанное на структурировании информации.

Средства построения таких моделей называются языками в широком смысле. Языки, которыми человек как система, обладающая сознанием, моделирует окружающий мир, представляют собою знаковые (семиотические) системы.

Под семиотикой понимается наука о знаках и знаковых системах, а также о языках как знаковых системах. В семиотической системе обычно выделяют три аспекта:

- синтаксический;
- семантический;
- прагматический.

Синтаксис описывает внутреннее устройство знаковой системы, т.е. правила построения и преобразования сложных знаковых выражений. Семантика задает смысл или значения конкретных знаков. Прагматика определяет знак с точки зрения конкретной сферы его применения или с точки зрения субъекта, использующего данную знаковую систему.

Несколько другая трактовка:

- синтаксис определяет отношения между различными знаками, позволяющие отличать их и строить из них знаковые конструкции все более высокой сложности;
- семантика задает отношения между знаками и тем, что они обозначают, т.е. вложенный, изначальный смысл знаков;
- прагматика описывает отношения между знаками и теми, кто их использует в своей деятельности, т.е. понятый, воспринятый смысл знаков.

Рассмотрим простой пример – сигнал звонка как знак:

- сигнал звонка означает, что кому-то нужно поднять телефонную трубку. Но прагматика звонка для меня может быть различной в зависимости от того, жду ли я с кем-то разговора или знаю, что трубку должны снять в соседней комнате;
- вместо звонка меня могут позвать к телефону стуком в перегородку. Синтаксис знака изменился, а семантика и прагматика сохранились;
- точно такой же звонок может означать конец рабочего дня, что при неизменном синтаксисе дает другую семантику;

- если нужно платить за каждое соединение абонентов, люди договариваются, например, так: если звонок звонит 4 раза, то встреча состоится, а если 5 – то откладывается. Сохраняя синтаксис телефонных звонков, они меняют их семантику и прагматику.

В некоторых, но далеко не во всех, языках эти три аспекта разделимы, т.е. задаются и изменяются независимо друг от друга.

В природе существует большое количество ЗС – например, танцы пчел, язык муравьев и т.д. Однако, как уже говорилось, в ИТ рассматриваются в основном те информационные взаимодействия, в которых участвует человек как носитель экстравертного сознания – как субъект или как создатель искусственной (в частности, технической) среды. ЗС, наиболее интересные в этом плане, можно классифицировать так, как показано на рис. 9.

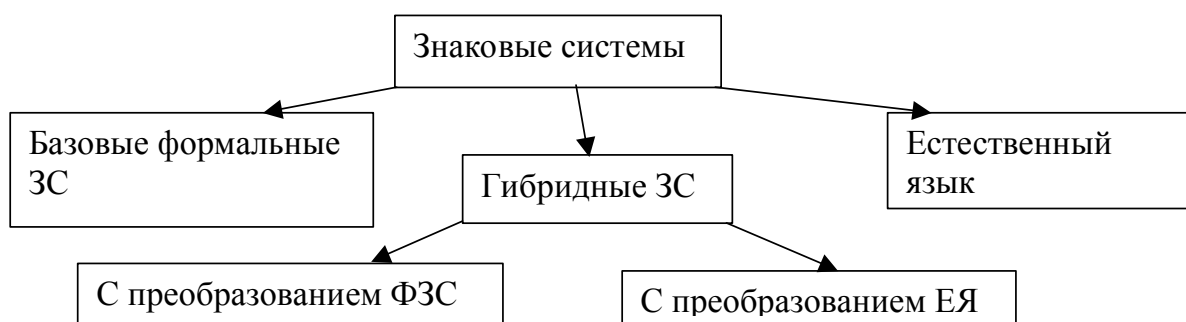


Рис. 9. Классификация ЗС, используемых в ИТ

6.3. СЕМИОТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОРМАЛЬНЫХ ЯЗЫКОВ

Компьютер оперирует только с формальными языками (ФЯ). Поэтому, хотя это и не совсем строго, понятия "знаковая система", "формальная система", "формальная модель", "дедуктивная система", "исчисление", "формальный (синоним – формализованный) язык" являются ключевыми в информатике и computer science и часто употребляются в этих областях как синонимичные. В ИИ к ним примыкает понятие "мир".

Д.С. Поспелов дает следующее определение формальной системы: формальной системой M называется четверка вида

$$M = \langle T, P, A, \Pi \rangle,$$

где T – алфавит системы – конечное или счетное множество элементов любой природы; P – синтаксические правила; A – система аксиом; Π – семантические правила.

Поясним это определение на простом примере – коробке из детских кубиков.

Алфавит системы T : каждая грань кубика есть базовый элемент. Действительно, существуют конструктивные (завершающиеся за конечное число шагов) процедуры, позволяющие различить кубики внутри набора (π_1), а также отделить их от кубиков из других наборов (π_2). Процедуры π_1 и π_2 можно построить, например, по несовпадению концевых точек линий или границ между цветами на всех шести гранях данного кубика и всех других.

Синтаксические правила P : допускаются (синтаксически правильны) все совокупности кубиков в виде прямоугольника 2×3 или 3×2 . Легко построить конструктивную процедуру π_3 проверки этого факта.

Система аксиом A – это совокупность кубиков, которая соответствует одной из картинок, приложенных к набору.

Семантические (смысловые) правила Π определяют, как из аксиомы (исходной картинки) можно получить другие. Значение кубиков как игры и состоит в том, чтобы ребенок научился строить эти правила. Существует конструктивная процедура π_4 , позволяющая однозначно определить, принадлежит ли данная синтаксически правильная совокупность к множеству семантически правильных совокупностей – это шесть картинок, задающих семантически правильные совокупности.

Формальная система, для которой существуют конструктивные процедуры π_1 , π_2 , и π_3 , называется конструктивной.

Формальная система, для которой существует конструктивная процедура π_4 , называется разрешимой.

Ясно, что рассмотренная система из кубиков является конструктивной и разрешимой.

Аналогичным примером может служить такая широко известная игра, как пазл.

Рассмотренные примеры позволяют выделить семиотические характеристики ФЯ:

- синтаксис строго формализован;
- семантика и прагматика не зависят от контекста и задаются извне – например, из соображений удобства моделирования конкретных предметных областей;
- для формальных систем термин "семантика" часто заменяют термином "интерпретация". В философском смысле интерпретация – это трактовка объекта в некотором данном аспекте. Однако в языках программирования принято, что множество $\Pi = \{0,1\}$, а проблемы неоднозначной интерпретации объектов, возникающие в реальной жизни, – такие, например, как многозначное отображение и т.д. – должны решаться при моделировании;
- в отличие от естественных языков, ФЯ строятся, как правило, таким образом, чтобы каждое имя имело в точности один смысл. Напротив, синонимия сохраняется и в большинстве ФЯ, причём синонимы, по

определению, связываются отношением типа равенства (эквивалентности, тождества); устранение синонимии оказывается в ряде случаев принципиально невозможным ввиду отсутствия алгоритма установления тождества произвольных выражений ("слов") в достаточно широком классе ФЯ.

6.4. ПОЛНОТА, НЕПРОТИВОРЕЧИВОСТЬ, ИСТИННОСТЬ ЗНАКОВЫХ СИСТЕМ

Полнота. Исторически формальные системы создавались для более точного обоснования методов построения математических теорий. Поэтому вопрос об адекватности формальных знаковых систем ставится следующим образом.

Имеется, с одной стороны, содержательная теория S , сформулированная в семантических терминах. С другой стороны, имеется формальная теория T , т.е. множество выражений, выводимых из аксиом теории T с помощью правил вывода теории T .

В каких случаях можно утверждать, что T является удовлетворительной формализацией S ? Таких признаков два:

- всякая теорема из T отображается в истинное высказывание на S ;
- каждое истинное высказывание из S отображается в некоторую теорему из T .

Теория T с таким свойством называется полной относительно S .

В более широком смысле полнота – свойство научной теории, характеризующее достаточность для каких-либо определённых целей её выразительных и (или) дедуктивных средств.

Выделяется несколько типов полноты.

Функциональная полнота определяется следующим образом: семейство функций, принадлежащих некоторому классу функций, является полным относительно этого класса (и относительно некоторого фиксированного запаса "допустимых" операций над функциями), если любую функцию этого класса можно выразить через функции данного семейства (с помощью допустимых операций).

Дедуктивная полнота в широком смысле определяется через понятие истинности. Аксиоматическая система называется дедуктивно полной по отношению к данному свойству (или данной интерпретации), если все её формулы, обладающие данным свойством (истинные при данной интерпретации), доказуемы в ней.

Дедуктивная полнота в узком смысле определяется синтаксически (формально) – как невозможность присоединения к системе без противоречия никакой недоказуемой в ней формулы в качестве аксиомы.

Синтаксическая ("абсолютная") полнота, вообще говоря, сильнее семантической: например, исчисление предикатов, полное в широком смысле, в узком смысле неполно.

Непротиворечивость. Чисто логические теории (например, исчисление высказываний и исчисление предикатов) пригодны для описания любых множеств, что соответствует общенаучному принципу универсальности законов логики. Еще Лейбниц формулировал его как выполнимость логических законов "во всех возможных мирах". Такой критерий пригодности теории, по существу, известен уже давно (теория верна, если для нее построена логическая модель). Формально это свойство определяется как непротиворечивость.

Выделяется несколько типов непротиворечивости.

Внутренняя (синтаксическая, логическая) непротиворечивость – свойство дедуктивной теории (или системы аксиом, посредством которых теория задаётся), состоящее в том, что из неё нельзя вывести противоречие, т.е. какие-либо два предложения, каждое из которых является отрицанием другого.

Внешняя (семантическая) непротиворечивость – недоказуемость в данной теории никакого предложения, противоречащего (в обычном содержательном смысле) фактам описываемой ею "действительности".

Синтаксическая и семантическая непротиворечивость равносильны лишь для таких "бедных" логических теорий, как, например, исчисление высказываний. Вообще же говоря, внутренняя непротиворечивость сильнее внешней.

Теоремы Геделя. В 1931 г. австрийский логик и математик Курт Гедель доказал свои знаменитые теоремы.

- Любая формальная теория T , содержащая формальную арифметику, неполна: в ней существует (и может быть эффективно построена) замкнутая формула F такая, что $\neg F$ истинно, но ни F , ни $\neg F$ не выводимы в T .
- Для любой непротиворечивой формальной теории T , содержащей формальную арифметику, формула, выражающая непротиворечивость T , недоказуема в T .

Таким образом, во-первых, для достаточно богатых аксиоматических теорий не существует адекватных формализаций; для них требования дедуктивной полноты и непротиворечивости оказываются несовместимыми. Во-вторых, невозможно исследовать метасвойства теории средствами самой формальной теории.

Конечно, вышеприведенные формулировки представляют собой лишь содержательную трактовку теоремы Геделя, и многими учеными она оспаривается (уже обсуждалось выше в связи с теорией Пенроуза). Применяя теорему Геделя, он предоставил подробные аргументы для заключения о том, что человеческая мысль не может моделироваться

никаким вычислением. И действительно, еще в 1931 г. Курту Геделю удалось доказать, что в рамках любой математической системы существуют утверждения, которые нельзя доказать, оставаясь в рамках этой системы, в них можно только верить. Чем-то эта теорема напоминает знаменитые апории Зенона, логически доказывавшие еще две тысячи лет назад невозможность движения, тем не менее, Ахиллесы благополучно догоняли и обгоняли черепах, и не только их.

Разрешимость. Напомним, что разрешающей процедурой (или алгоритмом) для данного класса вопросов называется процедура, с помощью которой можно ответить на любой вопрос из этого класса за конечное число шагов.

В частности, формальная теория T называется разрешимой, если существует алгоритм (процедура с конечным числом шагов), который для любой ее формулы определяет, является ли она теоремой в T .

В математической логике доказывалось, что исчисление высказываний разрешимо, в то же время исчисление предикатов (кроме исчисления одноместных предикатов) неразрешимо (теорема Черча).

Истинность. В работах польского логика и математика Альфреда Тарского показано, что понятия "истина", "выполнимость", "определимость", "обозначение" определяются для формализованных языков средствами более богатых языков, играющих для первых ("объектных", или "предметных", языков) роль метаязыков. Метаязык может быть, в свою очередь, формализован, и для определения его семантических понятий (истины и др.) приходится подниматься ещё на один метаязыковый уровень, и т.д. Смешение же языка и метаязыка (на любом уровне) неминуемо приводит к семантическим парадоксам.

Для определения соответствующих понятий для неформализованных языков предлагается их прежде всего формализовать, после чего придерживаться той же схемы.

Альфред Тарский доказал фундаментальную теорему о неопределимости предиката истинности любой непротиворечивой языковой системы её собственными средствами. Значение теоремы Тарского, устанавливающей определённую ограниченность выразительных средств формальных языков, во многом аналогично роли теоремы Геделя о принципиальной дедуктивной неполноте достаточно богатых логико-математических исчислений для метаматематики, а сами конструкции доказательств обоих замечательных предложений обнаруживают глубокие аналогии.

Только для полных языков понятие аналитической истинности, носящее семантический характер, удаётся описать в чисто синтаксических терминах - через доказуемость. Для языков же неполных (а именно таковы все языки, представляющие наибольший интерес для науки) подобного

сведения семантики языка к синтаксису непосредственно провести не удаётся.

6.5. СЕМИОТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА

В этом параграфе будет показано, чем семиотические характеристики естественных и формальных языков принципиально отличаются друг от друга.

Естественный язык (ЕЯ) наиболее близок человеку. Лингвист Е.Д. Поливанов дает следующее определение ЕЯ:

«Язык — всякая совокупность или система ассоциаций между представлениями речевыми (представлениями звуков, слов, частей речи, предложений) и представлениями внешнего мира (внеязыковыми), независимо от того, существует ли эта система в уме большого или малого числа лиц или только в уме одного лица».

Очень близкое мнение высказывает и философ Б. Рассел:

«Сущность языка состоит не в употреблении какого-либо способа коммуникации, но в использовании фиксированных ассоциаций, т.е. в том, что нечто осязаемое — произнесенное слово, картинка, жест или что угодно — могли бы вызвать представление о чем-то другом».

Чем характерен ЕЯ как средство моделирования реальности?

ЕЯ — это открытая система, т.е. в нем постоянно изменяются элементы и связи между ними (вспомним трансформацию слов "молодежного" языка — огонь, отстой и т.д.).

Элементы языка в психике связаны не только друг с другом, но и с отображаемым миром. При этом большинство слов (акустических образов) соответствуют континууму ситуаций (например, несчетное множество разнообразных визуальных образов называется одним словом "дорога". Как "прописана" в психике таблица соответствий "акустический образ (слово) ↔ несчетное множество наличных ситуаций" — это один из главных вопросов, активно исследуемых психологией, нейрофизиологией и смежными науками. Однако наличие такого соответствия не вызывает сомнений.

Выбор параметров преобразования "слово ↔ ситуация" психика осуществляет в соответствии с внутренним целеполаганием и в зависимости от контекста. Механизмы этого преобразования мы рассмотрим дальше на примере распознавания человеком речи. Отсюда вытекает неоднозначность трактовки каждой лексической единицы и фразы в целом, которая постоянно уточняется по ходу сообщения. Пример, знакомый всем, — попытка перевода «со словарем» научного или, особенно, художественного текста, написанного на малознакомом языке, путем «суммирования» переводов отдельных слов. Плюсы и минусы

информационных технологий здесь хорошо демонстрирует динамика возможностей первых и современных программ-переводчиков.

Текст на ЕЯ обладает избыточностью, необходимой для его адекватного восприятия. Тексты с малой избыточностью – например, серьезные монографии по математике – читаются крайне трудно и адекватно воспринимаются только после многократного прочтения.

Даже в области научной терминологии ЕЯ обладает большой неопределенностью, что объясняется:

- полиморфизмом (многозначностью);
- контекстно-зависимым представлением информации;
- синонимией;
- небрежностью употребления терминологии.

Многозначность, характеризующая возможность неоднозначного понимания смысла отдельных слов, представлена тремя типами:

- полисемия – совпадение названий различных предметов, имеющих какие-либо общие свойства или признаки (команда – воинское подразделение, команда – экипаж судна, команда – спортивная);
- омонимия – совпадение названий различных предметов, не имеющих общих свойств (лук – оружие, лук – растение).
- синонимия представляет собой тождественность или близость значений слов, выражающих одно и то же понятие (использовать – применять – употреблять). Синонимами могут быть отдельные слова или группы слов.

Данные психолингвистики дают следующую картину понимания речи. Каждое полушарие головного мозга, как при решении любой задачи, обеспечивает свою стратегию в руководстве речевой деятельностью.

Левое полушарие отвечает за абстрактно-логический анализ поступающей информации. Операции левого полушария связаны с выделением в тексте предложений и слов в предложении, с выявлением связи между словами и предложениями текста, с выбором наиболее точного наименования понятия, с контролем над звуковым соответствием слова и т.д. Правое полушарие обрабатывает информацию с опорой на подсознание. Его деятельность связана с освоением ситуации общения в целом. Правополушарная грамматика оперирует готовыми клишированными предложениями, целостными текстами, выделяя в их структуре тема-рематические² членения фраз.

Оба полушария начинают работать от первого слова. Левое полушарие в своих задних отделах производит «декодирование» языковых знаков. Параллельно с деятельностью левого полушария в правом полушарии происходит активный поиск целостного смысла воспринимаемого сообщения, предвосхищающий завершение

² Тема – исходная информация, которая содержится в высказывании; рема – то, ради чего произносится высказывание, новое и актуальное в нем.

расшифровки. Этот процесс носит название «антиципация». Кроме того, правое полушарие помогает левому в понимании переносных значений слов, различных клишированных выражений и т.д. Результаты анализа левого полушария перебрасываются в правое и здесь сопоставляются с данными интуитивного постижения смысла (на основе анализа интонации, невербально-изобразительных сопроводителей коммуникации и т.д.). Затем выявленное содержание проверяется на «здравый смысл» путем соотнесения данных анализа с фактами реальной действительности. Если соотношение не устраивает слушающего, то информацию опять перебрасывается в левое полушарие, где подвергается новому анализу, и т.д.

Таким образом, структура и семантика текста на ЕЯ образуют как бы одну часть сложного механизма, другая часть которого содержится в сознании и памяти индивида – приемника информации. Когда эти две составляющих основного механизма вступают во взаимодействие, тогда и происходит процесс восприятия и понимания (т.е. постижение смысла) текста. Хотя текст на ЕЯ объективно существует и вне понимания (например, как набор знаков на бумаге), но смысл содержится в нем в латентной (скрытой) форме и может быть воспринят только в непосредственном взаимодействии с сознанием получателя сообщения (читателя, слушателя).

Сравним этот процесс с работой транслятора. Транслятор – средства для преобразования текстов с языка, понятного человеку, на язык устройства (в частном случае – ЭВМ). Можно сказать, что транслятор воспроизводит механизм левосторонней обработки поступающего языкового сообщения человеком. Вся имитация правосторонней обработки – восстановление недостающих значений, предсказание и т.д. – происходит в рамках одной знаковой системы (одной семантики) на основании статистических механизмов. В то же время разные люди (или один и тот же человек в разной ситуации) из одного и того же текста могут извлечь совершенно разные смыслы.

Выделим семиотические характеристики ЕЯ.

- Синтаксис определяет правильное построение предложений и связного текста. Он формализован лишь частично, о чем свидетельствуют, например, сообщения Word при проверке орфографии: «Возможно, пропущена запятая на участке между ...», «Слишком длинное предложение для разбора» и т.д.
- Семантика (смысл конкретных знаков – слов, фраз и т.д.) почти полностью (за исключением, пожалуй, узкоспециальных терминов), определяется текущим контекстом. Это определение производится субъектом (автором или реципиентом сообщения) неформально и неоднозначно.

- Прагматика (воспринимаемый смысл сообщения) определяется субъектом на основе контекста и текущей решаемой задачи. Формализуется слабо или с помощью дополнительных средств (пример однозначной прагматики – команды в армии).
- Все семиотические характеристики (синтаксис, семантика, прагматика) ЕЯ определяются внутри языка, т.е. без привлечения других знаковых систем (т.е. не выполняется теорема Тарского).
- ЕЯ является функционально полной ЗС – это его неформальное качество, благодаря которому на нем можно сформулировать любое осмысленное сообщение, могущее понадобиться для тех или иных целей. Например, английский язык функционально полон с точки зрения целей, которые имел в виду У. Шекспир, создавая "Гамлета" (если исходить из предположения, что ему удалось полностью реализовать свой замысел). Но и любой другой из "живых" языков, на который "Гамлет" переведён, полон в том же смысле: перевод как раз и служит свидетельством этой функциональной полноты.
- В то же время ЕЯ, как уже многократно говорилось, позволяет отразить самые различные логически противоречивые ситуации, т.е. является противоречивой ЗС.

Обобщить материал параграфа 6.5 можно следующим образом.

Для содержательных дедуктивных теорий (и, следовательно, для формальных языков, построенных на их основе) требование полноты теряет смысл, но непротиворечивость является важнейшим необходимым критерием осмысленности и практической приложимости. Для естественного языка ситуация строго обратна. Для ЗС, применяемых в ИТ, каждый раз приходится искать баланс между этими требованиями. Применение ИИ призвано внести определенный уровень автоматизации в поиск такого баланса.

7. ФЕНОМЕН ИНТЕЛЛЕКТА И РАЗЛИЧНЫЕ ЕГО ТРАКТОВКИ

7.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И МЕТРИКИ ИНТЕЛЛЕКТА

Слово «интеллект» происходит от латинского слова *intellectus*, которое можно перевести по-разному: ощущение, восприятие; разумение, понимание; понятие, рассудок или ум. Интересно отметить, что слово *intellectus*, в свою очередь, происходит от глагола *intelligere* – понимать, образованного из двух слов: *inter* – между и *legere* – выбирать.

Британская энциклопедия определяет интеллект следующим образом:

Интеллект – качество психики, состоящее из способности приспосабливаться к новым ситуациям, способности к обучению и запоминанию на основе опыта, пониманию и применению абстрактных концепций и использованию своих знаний для управления окружающей средой; общая способность к познанию и решению проблем, которая объединяет все познавательные способности: ощущение, восприятие, память, представление, мышление, воображение, а также внимание, волю и рефлекссию.

Как и большинство уже обсужденных феноменов, феномен интеллекта имеет множество определений. Однако практически всюду ключевой характеристикой интеллекта считается способность носителя интеллекта адаптироваться к окружающей среде.

Метрики для оценки интеллекта человека. Понятие интеллекта возникло и много лет использовалось в первую очередь применительно к человеку – носителю интеллекта. Соответственно, метрики для оценки уровня интеллекта неизбежно имеют целевой характер, т.е. отражают понимание успешности адаптации к конкретной социальной ситуации.

Так, современное общество придает главное значение абстрактному мышлению, индивидуализму, духу конкуренции, школьным и профессиональным успехам. Тесты, по которым определяется коэффициент интеллектуальности (IQ) человека, отражают его адаптируемость к обществу именно в смысле этих общепризнанных ценностей.

В частности, широко применяемый в США тест Стенфорд-Бине был разработан с целью определить шансы ребенка на успешное обучение в школе. Его валидность была определена путем установления корреляции между ответами на задачи теста и школьными оценками. А чем определяется успешность в школе? Современная европейская и

американская культура отдает приоритет рациональному мышлению, скорости решения стандартных задач и словесному рассуждению, для которого необходим определенный словарный запас. Именно эти критерии и лежат в основе оценки интеллекта учеными, принадлежащими к этой преобладающей в глобальном масштабе культуре.

Еще один аспект проблемы состоит в том, что эти тесты отличаются неизбежной культурной спецификой. Например, в США тесты были разработаны для оценки интеллекта молодых англоязычных представителей любой расы и средних слоев. Поэтому в тесте WISC на вопрос «Кто открыл Америку» правильным ответом признается «Колумб»; допускается также ответ «викинги» с уточнением «Лейф Эриксон». Ответ «американские индейцы» признается неверным. Точно так же есть множество вопросов, неочевидных для детей из низших слоев: почему лучше дать деньги обществу милосердия, чем нищему на улице, кто написал «Фауста» и т.д.

При этом не учитывается, что у кого-либо может быть совершенно иное семейное воспитание, иной жизненный опыт, иные представления (в частности, о значении теста), а в некоторых случаях и худшее знание языка, на котором говорит большинство населения данной страны. Тем не менее, мы живем в этой социальной среде и нас, следовательно, оценивают именно по этим критериям.

Метрики для оценки интеллекта компьютера. Опыт оценки интеллекта человека, конечно, нельзя напрямую перенести на оценку интеллекта других его потенциальных носителей – например, роботов. Однако идея целевого характера такой оценки оказалась весьма плодотворной и успешно используется в ИИ.

Одной из первых подобных метрик можно считать тест Тьюринга, разработанный Аланом Тьюрингом (компьютерным ученым) в 1950 году. Целью его теста было определить, может ли компьютер (машина) мыслить разумно, как человек?

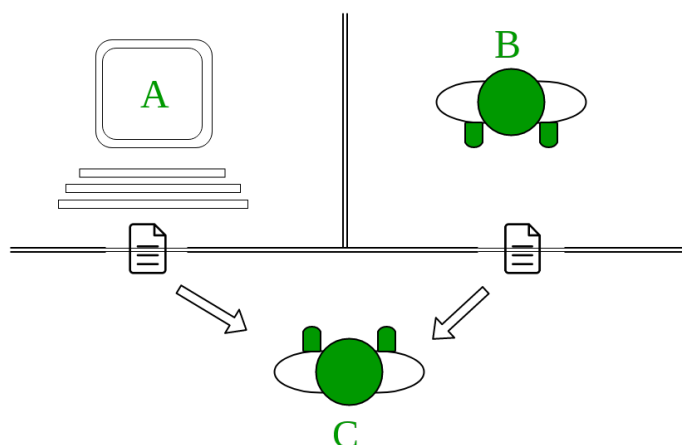


Рис. 10. Стандартная интерпретация теста Тьюринга

Представьте себе игру трех игроков, в числе которых – два человека и один компьютер, при этом человек-экспериментатор изолирован от других двух игроков. Задача экспериментатора состоит в том, чтобы попытаться выяснить, кто из его партнеров – человек, а кто – компьютер, задавая вопросы обоим. При этом компьютер может давать некорректные ответы, чтобы быть неотличимым от человека. Например, возможен такой диалог:

С: Вы – компьютер?

А: Нет.

С: Перемножьте $158745887 * 56755647$

А: (После паузы в 20 сек – неверный ответ).

С: Сложите $5478012 + 4563145$

А: (После паузы в 20 сек). 10041157.

Если экспериментатор не сможет отличить ответы, предоставленные человеком и компьютером, то компьютер считается столь же интеллектуальным, как и человек. Другими словами, компьютер считается интеллектуальным, если его разговор трудно отличить от человека.

Однако в 1980 году Джон Сирл показал, что тест Тьюринга не может быть использован для определения интеллекта компьютера том же смысле, что и интеллект человека. Он утверждал, что любая машина, подобная ELIZA и PARRY, может легко пройти тест Тьюринга, просто манипулируя символами, которых она не понимает.

Пусть человек, не владеющий китайским языком, находится внутри комнаты, а человек, владеющий китайским языком, – снаружи. Человеку внутри предоставляется список китайских иероглифов и инструкция, в которой подробно описываются правила, согласно которым могут быть сформированы строки (последовательности) символов, но не даются значения символов. Это означает, что у него есть книга с английской версией компьютерной программы, а также достаточно бумаги, карандашей, ластик и шкафы для хранения.

Через щель в двери он получает все сообщения, написанный на китайском языке. Он обрабатывает все символы в соответствии с инструкциями программы и выводит китайские символы как выходные данные. Если список инструкций является достаточно полным, то «общение» между этими людьми будет столь же эффективным, как и между людьми, владеющими китайским языком.

Заменим человека внутри комнаты на компьютер – для человека снаружи комнаты ничего не изменится, хотя компьютер не понимает значения заданных ему вопросов и собственных ответов, и, следовательно, нельзя сказать, что он может думать, т.е. обладает интеллектом.

Обратим внимание на то, что эти процедуры сегодня успешно воспроизводятся и развиваются в системах ИИ, в первую очередь в чат-ботах.

Описанные тесты привели к пониманию того, что простые вопросно-ответные процедуры не могут быть показателем интеллекта без оценки целеполагания, с которым связывается способность к мышлению в целом.

7.2. СТРУКТУРА ИНТЕЛЛЕКТА

Большинство тестов интеллекта человека созданы на основе иерархических моделей интеллекта. При этом, как правило, выделяются:

- общий интеллект, который соотносится со скоростью выполнения умственных операций,
- групповые факторы, характеризующие отдельные аспекты деятельности, для которой необходим интеллект.

Однако отдельные ученые формулируют эти уровни по-разному.

Структура интеллекта по Р.Б. Кэттеллу:

- свободный (текучий) интеллект, который определяется общим уровнем развития коры больших полушарий, то есть успешностью решения задач на восприятие и нахождение отношений элементов. Есть мнение, что этот фактор идентичен общему интеллекту. Он существенно зависит от наследственности и играет основную роль в задачах, в которых требуется приспособление к новым ситуациям
- связанный (кристаллизованный) интеллект, который приобретается в процессе овладения культурой и существенно зависит от личного опыта (вербальный и арифметический факторы, другие тесты, требующие обученности).

Структура интеллекта по Х. Айзенку. Выделяются такие элементы, как скорость интеллектуальных операций, настойчивость и склонность к проверке ошибок, на основе выраженности которых определяется уровень IQ.

Структура интеллекта по Р. Стернбергу – классификация, в которой выделяется три вида мыслительных процессов:

- вербальный интеллект, который характеризуется запасом слов, эрудицией, умением понимать прочитанное;
- способность решать проблемы;
- практический интеллект как умение добиваться поставленных целей.

Структура интеллекта по Э.П. Торренсу. Выделяются такие элементы, как:

- вербальное понимание,
- пространственные представления,
- индуктивные рассуждения,
- счетная способность,
- память,
- перцептивная быстрота,
- речевая беглость.

Структура интеллекта по Х. Гарднеру. Гарднер считает, что интеллект состоит из не зависящих друг от друга модулей:

- лингвистический интеллект – способность говорить, распознавать и использовать механизмы фонологии (речевые звуки), синтаксиса (грамматики) и семантики (распознавать значения);
- пространственный интеллект – способность воспринимать визуальную или пространственную информацию, изменять ее и повторно создавать визуальные образы без ссылки на объекты, создавать 3D-изображения, перемещать и вращать их;
- логико-математический интеллект – способность использовать и понимать отношения в отсутствие действий или объектов, понимание сложных и абстрактных идей.
- музыкальный интеллект – способность создавать и понимать значения, формируемые из звуков, понимание тональности и ритма;
- двигательный (телесно-кинестетический) интеллект – возможность использования тела целиком или его части для решения проблем создания продуктов, контроля над мелкой и крупной моторикой и для манипулирования объектами;
- межличностный интеллект – способность распознавать и различать чувства, намерения и мотивацию других людей.

Это структурирование оказалось наиболее востребованным при попытках инструментального определения интеллекта применительно к компьютеру. А именно, считается, что компьютер или система в целом обладают искусственным интеллектом, если они демонстрируют реализацию хотя бы одной из перечисленных способностей.

7.3. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТА

Как уже говорилось, когнитивные науки, входящие в состав концепции ИИ, подходят к определению интеллекта инструментально: они просто перечисляют задачи, при решении которых необходим интеллект, в том числе рассуждение, обучение, решение проблем, использование естественного языка. Рассмотрим некоторые из этих задач более подробно.

Рассуждение (Reasoning). Это набор процессов, который обеспечивает базу для суждений, принятии решений и предсказания.

Выделяется два типа рассуждений – индуктивное и дедуктивное.

Индуктивное рассуждение вначале проводит конкретные наблюдения, а затем на их основе формирует общие положения. Даже если все исходные предположения верны, индуктивные рассуждения позволяют сделать ложное заключение, например:

Елена – учительница. Она старательна. Следовательно, все учительницы старательны.

Дедуктивное рассуждение начинается с общего утверждения и рассматривает возможности для достижения конкретного логического вывода. В рамках дедуктивного рассуждения, если что-то справедливо для класса вещей, это справедливо и для всех членов этого класса, например: Все женщины старше 60 лет – бабушки. Елене 65 лет, поэтому Елена – бабушка.

Обучение (Learning) – это деятельность по приобретению знаний или навыков путем изучения, практики, обучения или чего-то. Обучение повышает осведомленность о предметах исследования. Способностью к обучению в такой трактовке обладают люди, некоторые животные и системы с поддержкой ИИ.

Обратим внимание на предельно конструктивную направленность этой трактовки обучения и ее отличие от трактовок других наук, в первую очередь педагогики.

Обучение классифицируется по видам:

- Слуховое обучение – это обучение за счет целенаправленного (listening) и ненаправленного (hearing) прослушивания аудиоинформации. Например, студенты прослушивают записанные аудио-лекции.
- Эпизодическое обучение базируется на запоминании последовательности событий, которые обучающийся пережил лично или опосредованно (в качестве свидетеля). Эпизодическое обучение линейно и упорядоченно.
- Моторное обучение – это обучение путем точного движения мышц. Например, сбор объектов, запись и т.д.
- Обучение через наблюдение – обучение за счет наблюдения и подражания другим. Например, ребенок пытается учиться, подражая своим родителям.
- Обучение через восприятие основывается на распознавании стимулов, виденных прежде. Сюда относится, например, определение и классификация объектов и ситуаций.
- Относительное обучение включает в себя обучение различать стимулы на основе относительных, а не абсолютных свойств. Например, что означает «добавить немного меньше» соли во время варки картофеля, который в прошлый раз, при добавлении, скажем, столовой ложки соли, показался соленым?
- Пространственное обучение – это обучение через визуальные стимулы, такие как изображения, цвета, карты и т.д. Например, человек может создать в голове дорожную карту, прежде чем идти по дороге.
- Обучение как ответ на стимулы предполагает определенное поведение, когда присутствует определенный стимул. Например, собака поднимает ухо, слушая дверной звонок.

Решение проблем рассматривается как процесс, в котором человек воспринимает текущую ситуацию и пытается достичь желаемой ситуации,

пройдя путь, который блокируется известными или неизвестными заранее препятствиями.

В комплексную задачу решения проблем также включается принятие решений – выбор наилучшей подходящей альтернативы из множества альтернатив для достижения желаемой цели.

Восприятие. Это процесс получения, интерпретации, выбора и организации сенсорной информации. У людей восприятию помогают сенсорные органы. В области ИИ механизм восприятия помогает скомпоновать данные, полученные сенсорами, в единую и значимую картину окружающего мира.

Лингвистический интеллект в ИИ сегодня рассматривается как способность общения с человеком на естественном языке. Здесь выделяются задачи распознавания голоса (Voice Recognition) и речи (Speech Recognition). В первом случае определяется, кто говорит, а во втором – что именно он говорит.

Обобщая материал параграфа 7, можно сформулировать основные различия между человеческим и машинным интеллектом:

- Люди мыслят главным образом паттернами (предопределенными или формируемыми структурами), в то время как машины обрабатывают информацию посредством набором правил и данных.
- Люди могут представить себе полный объект, даже если какая-либо его часть отсутствует или искажена, в то время как машины не могут сделать это полноценно и правильно (по крайней мере, без соответствующего предварительного опыта или программирования).

8. АГЕНТЫ И СРЕДЫ В ЗАДАЧАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

8.1. АГЕНТЫ В ЗАДАЧАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Многие задачи ИИ эффективно решаются в рамках агентной парадигмы. При таком подходе считается, что система состоит из агента и его среды, т.е. каждый агент действует в своей среде, в которую, в том числе, могут входить другие агенты.

Приведем примеры таких задач: взаимодействие беспилотных транспортных средств на дороге, робототехнические системы в технологических процессах, модерирование социальных систем и пр.

Под агентом понимается любая сущность, которая может воспринимать окружающую среду посредством датчиков и воздействовать на окружающую среду посредством эффекторов. Это определение подчеркивает, что с точки зрения построения систем ИИ физическая природа агентов не имеет значения. Тем не менее, в зависимости от физической природы выделяются несколько типов агентов, каждый из которых по-разному организует коммуникации со средой:

- Агент-человек имеет сенсорные органы, такие как глаза, уши, нос, язык и кожу, в качестве датчиков, и другие органы, такие как руки, ноги, рот, в качестве эффекторов.
- Роботизированный агент использует камеры и инфракрасные дальнометры в качестве датчиков, а также различные двигатели и исполнительные механизмы в качестве исполнительных механизмов (эффекторов).
- Программный агент использует битовые строки в качестве входных программ, а также для реализации исполнительных действий.

В рамках агентного описания задач ИИ существует специальная терминология.

- Показатель эффективности агента – это критерии, определяющие, насколько успешным является агент.
- Поведение агента – это действие, которое агент выполняет после любой перцепции.
- Перцепция – это набор сигналов на входах агента в конкретном случае.
- История восприятия – это история всего, что агент воспринял до настоящего времени.

- Агентная функция – это карта, задающая правила преобразований последовательности восприятия в действия.

В рамках агентного описания задач ИИ считается, что агент обладает рациональностью. На уровне определения под рациональностью понимается способность к рассуждению (reasoning) и обладание здравым смыслом. Однако на практике агент считается рациональным, если он просто выполняет ожидаемые действия и достигает ожидаемых результатов в соответствии с тем, что он воспринял. При этом важной частью рациональности является проактивность, т.е. выполнение некоторых действий заранее с целью получения информации, полезной для будущей деятельности.

Идеальный рациональный агент способен выполнять ожидаемые действия для максимизации своей эффективности, на основе истории восприятия и встроенной базы знаний.

Рациональность агента зависит от следующих четырех факторов:

- показатели эффективности и их текущие значения, которые определяют степень успеха;
- история восприятия к настоящему времени;
- предварительные знания агента об окружающей среде;
- действия, которые может выполнять агент.

Проблема, решаемая агентом, определяется показателями эффективности, окружающей средой, приводами и датчиками.

Структуру интеллектуальных агентов можно рассматривать как комбинацию:

Агент = архитектура + программа агента.

Здесь архитектура понимается как механизм, который выполняет предписанные действия, а программа агента – как имплементация функций агента.

Выделяется несколько типов агентов, различающихся по уровню интеллектуальности.

Простые рефлекторные агенты выбирают действия только на основе текущего восприятия. Они рациональны только в том случае, если для принятия правильного решения достаточно только действующего предписания. Их окружающая среда полностью наблюдаема. Они работают по набору правил «Условие–Действие» (Condition-Action), которой отображает текущее состояние (условие) агента на совершаемое им действие.

Модельные рефлекторные агенты используют для выбора своих действий модель мира и поддерживают свое внутреннее состояние. Здесь модель мира понимается как минимально необходимый набор сведений «о том, как все происходит в мире», а внутреннее состояние – как представление ненаблюдаемых аспектов текущего состояния в зависимости от истории восприятия. Для обновления состояния агента ему

требуется информация о том, как развивается окружающая среда и как действия агента влияют на нее.

Агенты, основанные на цели, выбирают свои действия для достижения целей. Цель агента задается извне как описание желательных ситуаций. Целевой подход более гибок, чем рефлексный, поскольку знания, поддерживающие решение, моделируются в явной форме, тем самым допуская изменения.

Агенты, основанные на полезности, выбирают действия, основанные на предпочтении (полезности) для каждого состояния. Организация поведения такого агента принципиально сложна в условиях неадекватных целей. Цели неадекватны, если:

- одновременно существуют противоречивые цели, из которых лишь немногие могут быть достигнуты.
- цели имеют определенную неопределенность достижения, и нужно взвесить вероятность успеха против важности цели.

8.2. СРЕДА В ЗАДАЧАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Некоторые программы работают в полностью искусственной среде, ограниченной клавиатурным вводом, базой данных, компьютерными файловыми системами и символьным выходом на экране.

Напротив, некоторые программные агенты (программные роботы или *softbots*) существуют в неограниченных доменах в соседстве других ботов. Например, симулятор может иметь очень подробную, сложную среду, в которой программному агенту необходимо выбирать из большого массива действий в реальном времени. Бот, предназначенный для сканирования онлайн-предпочтений клиента и отображения предметов, интересующих клиента, работает как в реальной, так и в искусственной среде.

Самой известной искусственной средой является среда испытаний Тьюринга, в которой реальные и искусственные агенты тестируются на равных. Это среда очень сложна для испытаний, так как программному агенту приходится действовать в ней точно так же, как и человеку.

Свойства окружающей среды могут быть классифицированы по различным основаниям.

Дискретная / непрерывная. Если существует ограниченное количество четких, явно определенных состояний среды, то среда дискретна (например, при игре в шахматы); в противном случае она является непрерывным (например, при организации вождения).

Наблюдаемая / частично наблюдаемая. Если агент может определить полное состояние окружающей среды в каждый момент времени на основе своих наблюдений, то среда является для него наблюдаемой; в противном случае она будет только частично наблюдаемой.

Статическая / динамическая. Если среда не изменяется во время

действия агента, то она статична; в противном случае она является динамической.

Одноагентная / мультиагентная. Окружающая среда может содержать другие агенты, которые могут иметь тот же или другой тип, что и данный агент.

Доступная / недоступная. Если сенсорный аппарат агента может иметь доступ к полному состоянию среды, тогда она является для него доступной.

Детерминированная / недетерминированная. Если следующее состояние среды полностью определяется текущим состоянием и действиями агента, то среда является детерминированной; в противном случае она не является детерминированной.

Эпизодическая / неэпизодическая. В эпизодической среде каждый эпизод состоит из агента, который производит восприятие и последующее действие, при этом качество действия агента зависит только от текущего эпизода, но не от предшествующих. Аналогично, последующие эпизоды не зависят от действий в предыдущих эпизодах.

9. СТРУКТУРА, ЗАДАЧИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Обобщая состояние и перспективы исследований в области ИИ, можно дать актуальную формулировку фундаментальных задач ИИ:

- Приобретение новых знаний в различных предметных областях, в том числе не только в технических, но и в социогуманитарных;
- Освобождение человека от рутинных действий, замена или снижение интенсивности интеллектуального труда в отдельных профессиях вплоть до полной замены специалистов отдельных профессий на интеллектуальные устройства;
- Построение цифрового интерактивного информационно-технического пространства, кооперация людей и машин в мыслящие системы;
- Обоснование и поддержка сложных и ответственных решений, надежное и эффективное управление сложными объектами и процессами;
- Эффективная обработка информации, характеризуемой многократно возрастающим объемом и разнообразием типов.

Для решения этих задач в области ИИ выделились следующие основные направления исследований:

1. Снижение неопределенности за счет повышения эффективности работы работы с данными

- анализ данных и машинное обучение;
- нейроинформатика;
- эволюционные вычисления;
- поиск, планирование, солверы. Сюда, в частности, относятся такие направления исследований, как программирование в ограничениях (CSP, Constraint Satisfaction), целочисленное линейное программирование (ILP, Integer Linear Programming) и др.

2. Снижение неопределенности за счет повышения эффективности работы со знаниями о предметной области:

- мягкие вычисления;
- нечеткая логика и другие механизмы логического вывода;
- инженерия знаний, позволяющая учесть при рассуждениях семантику предметной области.

3. Выработка решений в условиях остаточной неопределенности

- теория принятия решений;
- метафорическое моделирование и квантовые технологии;

- когнитивистика.

Каждое из этих направлений имеет свою историю и путь развития. Например, когнитивистика возникла практически одновременно с началом исследований по ИИ. Первым ее воплощением явилось появление в психологии нового направления – когнитивной психологии. Когнитивная психология подошла к механизмам познавательных процессов, происходящих в мозге человека, как к «компьютерной метафоре», т.е. уподобила мозг большому компьютеру, проводя аналогии между обработкой информации обеих этих системах. Заметим, что сегодня в качестве аналога мозгу выступает уже не один компьютер, а сложно организованная сеть, а в качестве системного аналога отдельному компьютеру нейрофизиологи называют отдельную клетку (нейрон). В настоящее время когнитивистика оформилась в науку об интеллекте в целом независимо от его физической или физиологической природы.

Несмотря на широкий спектр задач, решаемых с применением методов ИИ, можно выделить общие технологические подходы к их решению, специфичные именно для ИИ. Сюда относятся:

- структурный синтез;
- предсказательное моделирование;
- высокоуровневое проектирование кибернетических систем методами кодизайна (Hardware/Software Co-Design), основанное на едином системном представлении объекта проектирования. В этом случае проектирование выполняется как процесс последовательного уточнения модели от уровня абстрактных представлений непосредственно к ее реализации, без разделения на отдельные технологические решения на промежуточном уровне.

Как можно видеть, в основе перечисленных технологических подходов лежит новый взгляд на моделирование, в частности, приоритет компьютерного моделирования при разработке новых технических систем. Почему же компьютерное моделирование стало органичной частью ИИ? Дело в том, что здесь большую роль играют «надмодельные» операции, такие как комплексирование, ансамблирование, идентификация, ассимиляция, валидация, верификация, прогнозирование, оптимизация, которые идеологически не зависят от конкретной предметной области и могут выполняться однотипно независимо от природы и характера объекта проектирования.

Понятно, что новые технологические подходы не могли возникнуть без соответствующей инфраструктурной базы. Здесь правомерно обсудить проблему «курицы и яйца» – что появилось вначале, а что как следствие. Тем не менее, вот список современных инфраструктурных решений и технологий ИТ, которые сегодня использует ИИ:

- технологии Big Data и распределенное хранение данных;
- технологии распределенной обработки данных (в широком смысле);

- новые вычислительные системы, в том числе неспециализированные вычисления на графических процессорах (General-purpose computing for graphics processing units, GPGPU). В этом случае для резкого повышения эффективности и скорости расчетов для различных приложений используются видеокарты графического процессора, который обычно имеет дело с вычислениями только для компьютерной графики;
- сенсорные системы и сети;
- Интернет вещей (IoT);
- технологии облачных вычисления;
- технологии виртуальной (Virtual reality) и дополненной реальности (Augmented Reality, AR). При этом VR – это полностью искусственная реальность, а AR – результат смешения искусственных и реальных объектов;
- специализированное лингвистическое и математическое обеспечение (языки, библиотеки).

Перечисленные технологические подходы являются базой для целого ряда прикладных интеллектуальных технологий, реализуемых на базе ИИ, в том числе:

- обработка естественного языка (включая машинный перевод);
- машинное зрение и слух, распознавание видео- и аудиообразов;
- интеллектуальная психометрия (глубокое распознавание состояния человека);
- интеллектуальный мониторинг и выявление выбросов;
- системы поддержки принятия решений (рекомендательные, экспертные, советующие);
- системы управления киберфизическими системами (в том числе роботы и автопилотируемые устройства);
- игровой интеллект и виртуальные миры;
- боты (интерактивное взаимодействие с пользователем или информационной средой);
- генерация и дистрибуция контента (например, платформа автоматизированного копирайтинга Wordsmith);
- предсказание действий пользователя и персональные помощники.

Понятно, что такой калейдоскоп фундаментальных, инфраструктурных и технологических подходов не может быть сколь-нибудь полноценно освещен в рамках одной книги, тем более, учебного пособия. В связи с этим в заключение этого раздела кратко охарактеризуем основные направления, по которым в настоящее время развиваются приложения ИИ.

Цифровое управление, маркетинг и финансовые технологии. В рамках этого направления решаются такие задачи, как анализ потребительского рынка, формирование и отслеживание тарифов, стратегическое

планирование, кластеризация клиентов, поддержка трейдинга (деятельности по приумножению финансовых средств).

Экосистема цифровой личности. В рамках этого направления решаются такие задачи, как организация различных рекомендаций (друзей, мероприятий, контента), анализ поведения пользователей социальных сетей и маркетинговых структур, создание личных помощников, в том числе разработка чатботов для сопровождения диалогов с клиентами, генерация контента и технологии развлечений (включая игровой интеллект), организация информационно-психологического воздействия при решении различных социальных задач.

ИИ в производстве. ИИ используется в менеджменте организаций и производства, при оптимизации процессов и моделей, при разработке систем гибкой автоматизации производства. Отдельное и важное место занимает ИИ в задачах predictive maintenance, под которой понимается деятельность, основанная на текущих данных о процессе, которая нацелена на избежание проблем с техническим обслуживанием и ремонтом путем прогнозирования возможных видов отказов.

ИИ в здравоохранении. ИИ позволяет перейти к такому важному направлению развития медицины, как персонализированная медицина. Другое название – 4П-медицина – это направление получило по первым четырем буквам названий компонентов: предупредительная, персонализированная, предсказательная и привлекающая. На основе генетических данных человека и полномасштабной информации и его текущем состоянии предполагается подбирать лекарства и медицинские технологии, оптимальные именно для его организма, для борьбы с конкретной реализацией болезни, которой он страдает. Под «зонтиком» 4П-медицины скрывается целый спектр технологических задач, в том числе персонализированная медицинская диагностика, индивидуальное проектирование лекарств, прогнозирование побочного действия лекарств для конкретных пациентов. Не менее важное место занимают в этой области такие технологии, как разработка и реализация нейроимплантов и нейроинтерфейсов для замены утраченных или недостающих органов, а также роботов-ассистентов для пожилых людей и людей с ограниченными возможностями.

ИИ в создании «умных городов» (Smart City). Здесь востребованы автономные роботы, беспилотный транспорт, диспетчеризация автотранспорта, планирование инфраструктуры, планирование расходования энергии. Отдельное место занимает технология преобразования домашнего хозяйства в систему «умных домов», под которой понимается интеллектуальная система управления домом, обеспечивающая автоматическую и согласованную работу всех систем жизнеобеспечения и безопасности. Такая система самостоятельно

распознает изменения в помещении и окружающей среде, а также адекватно реагирует на них.

III в системах информационной безопасности. В рамках этого направления решаются такие задачи, как автоматический анализ видеопотока с целью обнаружения подозрительных личностей и противоправных действий, выявление мошенничеств и киберугроз, борьба со спамом, защита от компьютерных вирусов, контроль доступа к разнообразным помещениям, продуктам и системам.

III в робототехнике. На сегодняшний день уже произошло разделение этого направления на персональную и коллаборативную робототехнику. В целом здесь можно выделить машинное очувствление, а также придание роботам эмоционального интеллекта и социального интеллекта (умения работать «в команде»).

III для эффективной организации научных исследований и разработок (eScience, eKnowledge, eEngineering)

III в критических технологиях государственной значимости

Контрольные вопросы

1. Дайте определение искусственного интеллекта
2. Чем характерен кибернетический подход к определению информации?
3. Каковы основные единицы измерения информации в рамках кибернетического подхода?
4. Что такое «внутренняя информация» в живой материи?
5. Чем характерен подход к определению информации как функции сознания?
6. Как определяется понятие «сведений» в рамках информационного подхода?
7. Назовите базовые компоненты обобщенной модели информационного взаимодействия.
8. Что такое «метаданные»?
9. Дайте определение информации по законодательству Российской Федерации.
10. Что такое семиотика, какую роль она играет в построении информационных систем?
11. Какую роль играет моделирование в построении информационных систем?
12. Перечислите семиотические характеристики формальных языков
13. Что такое полнота научной теории?
14. Что такое непротиворечивость знаковых систем
15. семиотические характеристики естественного языка
16. Приведите примеры различных трактовок феномена интеллекта.
17. Дайте содержательное определение естественного интеллекта
18. Каковы основные метрики естественного интеллекта?
19. Охарактеризуйте различные модели структуры интеллекта
20. Что такое агент, какова его роль в задачах искусственного интеллекта?
21. Какова роль среды в задачах искусственного интеллекта?
22. Поясните современное понимание структуры искусственного интеллекта.
23. Приведите примеры основных задач, решаемых с применением искусственного интеллекта.
24. Каковы основные направления развития искусственного интеллекта?

Литература

1. Дж.Ф. Люгер. Искусственный интеллект. – М.: Вильямс, 2003.
2. Рассел С. Искусственный интеллект. Современный подход / Стюарт Рассел, Питер Норвинг ; [пер. с англ. и ред. К. А. Птицына]. - М. [и др.], 2007.
3. Масленникова, О. Е. Основы искусственного интеллекта : учеб. пособие / И. В. Гаврилова, О. Е. Масленникова . – 2-е изд., стер. – М. : ФЛИНТА, 2013 .— 284 с. : ил. — ISBN 978-5-9765-1602-1 – 284 с.
4. Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б. Искусственный интеллект. Инженерия знаний. Учебное пособие. – М.: Юрайт, 2018. – 94 с.
5. Михайлов Д.В. Системы искусственного интеллекта (курс лекций). Электронный ресурс. – Режим доступа: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Системы_искусственного_интеллекта_%28курс_лекций%2C_Д.В.Михайлов%29, своб. Дата обращения 16.06.2018

Миссия университета – открывать возможности для гармоничного развития конкурентоспособной личности и вдохновлять на решение глобальных задач.

КАФЕДРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГУМАНИТАРНОЙ СФЕРЕ

Кафедра интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере была организована в 1998 году и при образовании получила название «кафедра технологий профессионального обучения». Тогда же кафедру возглавил профессор Потеев Михаил Иванович, и с 2002 года кафедра стала выпускающей. В 2012 году кафедра была переименована в соответствие с основным направлением деятельности. В настоящее время кафедру возглавляет кандидат технических наук, доцент Наталия Николаевна Горлушкина.

Центральной идеей образовательных программ, реализуемых кафедрой, является участие студентов в выполнении работ, связанных с возможными направлениями будущей деятельности, и с задачами, решаемыми университетом. Научные исследования, проводимые на кафедре, связаны с интеллектуальным анализом данных, математическим моделированием и проектированием информационных систем. В этих областях много интересных, сложных и нерешенных задач. На старших курсах студенты имеют возможность выбрать то направление в рамках профиля, которое им наиболее интересно.

Существующие международные программы

Сотрудниками кафедры интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере ведутся переговоры о внедрении программ двойных/совместных дипломов и реализации международных программ академического студенческого обмена с вузами стран Шанхайской организации сотрудничества, а также Чехии, Англии и Финляндии.

Компании, в которых осуществляется производственная и преддипломная практика, а также компании, трудоустраивающие выпускников

Доктор Web, Государственный Русский музей, ООО «ИНТЕРФОРУМ», Ростелеком, Интерзет, ООО «Интермедиа», «ВКонтакте» и др.

http://www.ifmo.ru/ru/viewdepartment/13/kafedra_intellektualnyh_tehnologiy_v_gumanitarnoy_sfere.htm#ixzz3byzWK4D7

Гусарова Наталия Федоровна

ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Учебное пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати 28.06.2018

Заказ № 3311

Тираж 100

Отпечатано на ризографе

