

## К проблеме создания интеллектуальных систем: онтологический шаг

Рассмотрен подход к проблеме создания систем, общая схема поведения которых адекватна поведению человека в аналогичной ситуации. Предложена программа разработки таких систем. Онтология и онтологическое пространство рассматриваются как способ задания семантических отношений между различными объектами предметной области, в которой действует интеллектуальная система.

An approach to the problem of creating the systems the general scheme of the behaviour of which is adequate to the behaviour of a person in a similar situation is considered. A program of the development of such systems is suggested. The ontology and the ontological space are considered as a way of defining semantic relations between various objects of a subject domain in which the intelligent system operates.

Викладено підхід до проблеми створення систем, загальна схема поведінки яких адекватна поведінці людини в аналогічній ситуації. Запропоновано програму створення таких систем. Онтологія та онтологічний простір розглядаються як спосіб задання семантичних відносин між різними об'єктами предметної області, в якій діє інтелектуальна система.

**Введение.** Создание систем, поведение которых в разных ситуациях напоминало бы поведение человека, – одно из заветных желаний, возникшее у человечества во все времена его существования.

Индийские, китайские, персидские сказки, Голем, Франкенштейн, работы Чапека и Азимова, не говоря уже о современной фантастике, так или иначе воплощают мечты человека, желавшего иметь искусственно созданную умную машину, выполняющую его задачу, с которой можно было бы общаться, которая, возможно, давала бы советы и помогала в жизни, которая становится все более сложной.

Решающим шагом на этом пути является постоянное появление компьютеров, возможности и основные черты которых позволяют надеяться, что с их помощью удастся создать системы, поведение которых совпадало бы с поведением человека в аналогичной ситуации. В этом случае к таким системам можно было бы приложить определение «разумная». Но все такие попытки не привели к успеху. Задача оказалась намного сложнее, чем предполагали первые исследователи.

Научные разработки в области создания машинного интеллекта в той или другой форме (искусственный интеллект) начались с момента возникновения компьютеров. Разрабатыва-

лись программы, целью которых было моделирование сложного процесса мышления на том уровне, который к этому времени достигли науки, изучающие человека. Считалось, что можно построить общие методы компьютерного решения большинства задач, возникающих в процессе деятельности человека. Для этого достаточно разработать соответствующие программы – и проблема создания искусственной интеллектуальной системы будет в значительной мере решена. Но эти попытки оказались напрасными. Чем более широким был класс задач, к которому могла быть применена искусственная система, тем более простыми оказывались проблемы, которые удавалось решать с ее помощью [1].

### Интеллектуальные системы

Попытки построить системы, наделенные свойствами и качествами, которые отождествляются с понятием интеллекта человека, активно предпринимаются в наше время с использованием компьютеров, баз знаний, методов семантического анализа.

Такие системы получили название *интеллектуальных систем* (ИС), поскольку теоретически их способность к формированию поведения как решения задач в различных ситуациях, которые определяются в заданных предметных областях, очень часто совпадает с ре-

результатами действий человека в таких же ситуациях.

Необходимость создания ИС определяется такими факторами:

- Существенным увеличением потока информации, которую получает человек в процессе деятельности и жизни в целом. Возникает необходимость в ее предварительной обработке и анализе, выделении содержания и особенностей, в предварительном принятии простых решений.

- Ростом количества техногенных катастроф, связанных с большой сложностью современных систем. Эти катастрофы доказывают ограниченность возможностей человека, необходимость его дублирования на техническом уровне.

- Космическим направлением развития человечества, которое нуждается в создании искусственных интеллектуальных систем, поскольку эффективное управление космическими объектами с Земли невозможно.

- Необходимостью создания эффективных систем защиты в военной области (ракеты, лазеры, самолеты, спутники).

- Потребностью в системах быстрого анализа и обработки больших объемов информации в физических, химических, биологических процессах, во время эпидемий и крупных аварий.

- Необходимостью улучшения процессов управления в обществе (ИС экономического, корпоративного и производственного управления).

ИС охватывают два основных направления. *Первое* – создаются системы, воссоздающие отдельные возможности, характерные для человека, который имеет пять органов чувств. Система слышит и распознает язык, видит и распознает визуальные образы, тексты, рисунки, ощущает и распознает запахи, вкусы. Соответственно можно считать интеллектуальной систему, которая делала бы все это не хуже человека, особенно тогда, когда она могла бы объединять разные качества в одной общей картине или образе.

*Второе*, называемое *общим направлением*, заключается в том, что создается система, которая может решать задачи в широком классе предметных областей. Такая система использует общие подходы, положения, компоненты и получа-

ет результаты, сопоставимые с результатами, полученными человеком, находящимся в таких же условиях. Это направление связано с такими проблемами, как понимание текстов, доказательство теорем, моделирование внешней среды и другими проблемами, которые сегодня ассоциируются в основном с поведением человека.

В этой статье рассмотрено общее направление исследований по созданию ИС.

### Направление исследований

Основные этапы выполнения работ в этом направлении представлены на рисунке:



Создание теории разработки ИС существенно связано с процессом поиска средств представления окружающей систему среды – предметной области. Заранее неизвестно, с какой средой ИС будет взаимодействовать. Поэтому в ИС закладываются общие методы, позволяющие представлять предметные области, по крайней мере, воспринимаемые ИС. Кроме того, необходимо построить такую последовательность решаемых проблем, которая бы позволяла в процессе решения не только совершенствовать ИС, но и повышать уровень ее интеллекта благодаря сохранению собранной о среде информации и принятых ранее решений, как это делает ребенок, последовательно развивающийся, опираясь на свои органы чувств, память и генетически сформированные алгоритмы приспособления и переработки информации.

### Общая программа исследования и создания ИС

Программа разработки ИС определяет перечень проблем, которые необходимо решить, чтобы полностью представить процесс создания ИС, по крайней мере, в заданном классе предметных областей. Следует определить:

- Понятие интеллекта, который очерчивает область проблем, стоящих перед ИС, и методов, используемых для их решения, по отношению к классу предметных областей.

- Представление основных элементов среды, в котором действует ИС.

- Класс задач, возникающих в предметной области, для решения которых создается ИС. Очерчивается общий подход к решению этих задач, представления и модели, необходимые ИС для решения этих задач.

- Теоретические методы и средства, которые можно использовать при исследовании.

- Основные компоненты, из которых составляется ИС, и методы их разработки.

- Промежуточные проблемы, которые необходимо решить для построения ИС: деятельность отдельных компонент и их взаимодействие.

- Ожидаемые практические результаты в направлении создания ИС, иллюстрация работы систем в отдельных предметных областях.

Отметим некоторые *особенности* этой программы. *Во-первых*, ИС привязывают к определению предметных областей, рассматриваемых как части внешнего окружения ИС. *Во-вторых*, она нуждается в нахождении методов и средств, которые будет использовать ИС при построении решения поставленной перед системой задачи. *В-третьих*, программа основана на предположении существования методологического подхода, направленного на процесс создания ИС.

Как выполняется эта программа? Какие результаты уже получены?

1. Анализ дефиниций понятия *интеллект*, существующих в психологии и теории искусственного интеллекта, приводит к такому определению интеллекта [2, 3].

Интеллект – это неотъемлемое качество субъекта, ориентированного на взаимодействие с разными предметными областями, представляющими внешнюю среду. Это качество в виде общих методов анализа и синтеза информации, приспособленных к предметным областям, позволяет субъекту виртуально структурировать эту среду, сохранять и модифицировать полученное структурное представление (интеллектуальное отображение) как форму своего когнитивного опыта, решая задачи для определения своего поведения в среде.

Соответственно ИС рассматривается как система:

- взаимодействующая со средой, т.е. имеет компоненты, отображающие и сохраняющие эту среду, и возвращают в нее реакции системы;

- располагающая методами и средствами виртуального воспроизведения среды в виде некоторой структуры, на основе которой ИС строит свое поведение (последовательность решений и соответствующих им действий);

- которая на основе своей модели может решать возникающие проблемы для построения адекватных среде реакций;

- где уровень решений, которые находит ИС, по крайней мере, не хуже тех, которые принимает человек в подобных ситуациях.

Исходя из этого, ИС можно рассматривать как субъект, наделенный интеллектом.

Представленное определение интеллекта относится к первому пункту программы общих исследований. К нему можно будет возвратиться, если на следующих этапах проявятся недостатки этого определения или возникает необходимость его уточнения.

2. Далее необходимо определить представление предметной области. Будем считать, что предметная область имеет вид топологического пространства  $\mathfrak{Z}$  или может быть изоморфно представлена в таком виде. Другими словами, предполагается, что в любой предметной области может быть задана топологическая структура – класс подмножеств, содержащий с каждым конечным набором множеств их объединение и пересечение. В этом пространстве определено отношение эквивалентности: два элемента пространства  $x, y \in \mathfrak{Z}$  – эквивалентны, если система, действующая в предметной области, не имеет возможности различить эти элементы. Эквивалентным элементам в последующем сопоставляются одинаковые понятия.

3. Следующий шаг выполнения программы заключается в необходимости определения задач, сформулированных в этой предметной области и которые должны решаться ИС. Для этого ИС, во-первых, отображает, моделирует, представляет в некотором виде предметную об-

ласть и возникающие в ней задачи, а во-вторых, использует заложенные в систему или создаваемые системой методы, чтобы решить эти задачи. На основе построенной модели ИС выполняет в предметной области соответствующие действия, определяющие поведение системы. А поскольку система имеет интеллект, он должен обеспечить адекватность этого поведения, его соответствие среде и условиям, существующим в предметной области.

Существуют разные подходы, которые могут быть использованы для моделирования предметной области. Рассмотрим один из них – *онтологический* подход, который базируется на использовании языковых конструкций (понятий и отношений между ними) для представления предметной области. Перспективность этого подхода заключается в том, что язык успешно применяется человеком, который с его помощью учит, представляет свои знания, общается, мыслит, решает задачи. Есть надежда, что используя языковое представление и соответствующие преобразования, получим возможность применить не только формальные логические схемы, но и при выборе решений будем опираться на семантические связи, существующие в языковых структурах, на смысл и содержание языковых утверждений.

**Онтологию**  $\Omega$  предметной области определим как:

*спецификацию концептов*, или *описательных компонентов* этой области (предметов и их свойств, признаков, атрибутов), представленную в естественном или формальном языке;

*спецификацию отношений* в виде предикатов и функций, связывающих между собой описательные компоненты;

*правила применения* отношений к концептам (описательных компонент);

*интерпретацию* каждого элемента этих спецификаций в предметной области, для которой определена эта онтология.

**Интерпретация** – это установление соответствия между элементами онтологии и представлением объективной реальности, заданной в виде предметной области. Эта реальность определяется в виде совокупности признаков ре-

альных прототипов, существующих в предметной области, в которые отображаются элементы онтологии. Чтобы оценить характер этих соотношений, допустим, что:

- существует логика, с помощью которой можно оценить степень адекватности этой связи (логика может быть разной: классической, модальной, многозначной, нечеткой, смешанной или какой-то другой – существующей сейчас, или которая может быть построена в дальнейшем);

- с интерпретацией связана логическая функция  $\lambda$ , сопоставляющая паре (интерпретация, спецификация) ее истинностное значение в избранной логике. Это значение задает оценку степени достоверности того соответствия, которое, существует, во-первых, между связанными между собой интерпретацией онтологическим понятием и элементами предметной области, во-вторых, между понятиями, сформированными посредством композиции онтологических отношений, определяемой правилами применения, заданными в онтологии [2].

Отметим, что возможны отношения, композиция которых в онтологии дает связь между онтологическими понятиями, для которых реально нет смысла. Такие композиции назовем *недопустимыми*. Если композиция отношений существует, то это дает возможность строить из онтологических понятий сложные структуры, выводы, связи между разными понятиями, переходить от одних понятий к другим согласно преобразованиям, определенным такими композициями.

С любым понятием естественно связываются два представления: экстенционал и интенционал [4, 5]. Дадим определение экстенционала.

**Экстенционал**  $Ext(A)$  онтологического понятия  $A$  – представление в виде множества связанных понятий или фактов (утверждений, выражений), определяющих понятие  $A$  в контексте возможных ситуаций в предметной области.

Тем не менее следует учитывать, что онтология – это только совокупность составных частей, положенных в основу общей схемы представления задач в предметной области. Так кирпичи, блоки, окна, двери, оборудование – это составные части, из которых строится дом. Из элементов онтологии составляются утвержде-

ния, имеющие семантику, и некоторые из которых являются формулировкой задачи. Решение задачи получаем, превращая в результат исходные условия с помощью формальных, логических и других преобразований (например, ассоциаций, аналогии), используя функции сходства, индуктивные и абдуктивные выводы, методы анализа и синтеза информации.

На основе онтологии строится следующий теоретический уровень представления информации, используемый при построении ИС, – онтологическое пространство, формируемое из экстенционалов понятий, входящих в онтологию. Экстенционал создает семантическую оболочку для каждого понятия, объединяя его с другими понятиями.

Формально онтологическое пространство  $E_\Omega$  для онтологии  $\Omega$  задается как *категория*, объекты которой суть, во-первых, экстенционалы всех понятий онтологии, расширенные путем добавления пустого утверждения ко всем экстенционалам [6]. Это – базовое множество объектов категории  $E_\Omega$ . Во-вторых, в множество объектов включены все конечные произведения и копроизведения объектов категории  $E_\Omega$ .

Каждый элемент экстенционала представлен в виде элементарной понятийной структуры. Пусть  $r$  – предикат с  $R$ , что представляет понятие  $A_0$  через понятия  $A_1, A_2, \dots, A_k$ . Полученное представление назовем *элементарной понятийной структурой*  $C_A = r(A_0, A_1, A_2, \dots, A_k)$ . Число  $k$  называется *рангом* структуры  $f$ . Понятийная структура ранга 0 совпадает с понятием  $A$ . В каждом экстенционале, который состоит из элементарных понятийных структур, по определению существует единственная пустая структура.

Перейдем к определению морфизмов категории  $E_\Omega$ . Для каждой пары объектов  $P, Q$  из базового множества объектов множество морфизмов  $H(P, Q)$  это отображение  $\xi$  множества  $P$  во множество  $Q$ , применяемое к каждому утверждению  $C_A$  с  $P$ . Тогда  $\xi \in H(P, Q)$ , если существует хотя бы одно утверждение  $C_A \in P$ , для которого  $\xi(C_A)$  является утверждением с  $Q$ . Кроме того, ко множеству морфизмов прибавляются все

проекции  $p_j : \prod_{i=0}^k P_i \rightarrow P_j (0 \leq j \leq k)$ , входящие в определение произведения объектов, все вложения  $i_j : P_j \rightarrow \prod_{i=0}^k P_i$ , входящие в определение произведений. Также вводятся пустые морфизмы.

Произведение морфизмов задает новые отношения между онтологическими понятиями. Отношение  $p$  и  $q$  называются *совместными*, если существует их композиция, определяющая преобразование понятий, интерпретированных в предметной области как допустимое преобразование. В противном случае отношения называются *несовместимыми*, а произведение соответствующих им морфизмов равно пустому морфизму.

Именно онтологическое пространство есть той формальной средой, в которой ИС решает свои задачи, опираясь на семантические представления, связанные с использованием онтологии (онтологических структур).

Главный результат, связанный с использованием онтологического пространства, выражается следующей теоремой.

**Теорема.** Каждая задача, которая может быть определена в терминах онтологии  $\Omega$ , может быть решена тогда и только тогда, когда между объектом  $P$  онтологического пространства  $E_\Omega$ , который представляет условия задачи, и результатом ее решения, выраженным объектом  $Q$ , существует непустой морфизм  $\xi$ , отображающий  $P$  в  $Q$ . Процесс решения задачи задается в виде композиции преобразований, определяющих морфизм  $\xi$  в онтологическом пространстве  $E_\Omega$ .

Отметим, что для каждой онтологии результат может быть разным. Например, если в онтологию заложены преобразования, соответствующие правилам дедуктивного вывода, то полученный результат будет логическим выводом из условий задачи. В том же случае, когда преобразования определены как функции аналогии, соответствующий результат можно рассматривать только как возможный вариант, в последующем еще нуждающийся в доказательстве.

Окончание на стр. 61

Разработка методов создания онтологий, которые можно было бы использовать для разных предметных областей, и алгоритмов или схем преобразования для тех или других классов задач, является *темой для исследования*, нуждающейся в определении круга проблем, которые позволили бы получить существенные результаты в этом направлении создания ИС.

**Заключение.** Подводя итоги, отметим, что существуют все основания для создания ИС, адекватных поведению человека в большей степени, чем ранее созданные системы. Предлагаемая программа исследований намечает основные шаги и ставит основные вопросы на этом пути. Теперь главное заключается в том, чтобы объединить теоретические предпосылки и практические результаты в едином продукте, кото-

рый заслуженно получит название интеллектуального.

1. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. – М.: Мир, 1989. – 388 с.
2. Мейтус В.Ю. К проблеме интеллектуализации компьютерных систем // Математические машины и системы. – 2008. – № 2. – С. 24–37.
3. Глибовець М.М., Олецький О.В. Штучний інтелект. – К.: КМ Академія, 2002. – 366 с.
4. Карнап Р. Значение и необходимость. – М.: Мир, 1959. – 302 с.
5. Андон Ф.И., Яшунин А.Э., Резниченко В.А. Логические модели интеллектуальных информационных систем. – К.: Наук. думка, 1999. – 396 с.
6. Голдблатт Р. Топосы. Категорный анализ логики. – М.: Мир, 1983. – 488 с.

Поступила 20.11.2009

Тел. для справок: (044) 526-1319 (Киев)

E-mail: vmeitus@gmail.com

© В.Ю. Мейтус, 2010