

Смысловая экспертная система на базе ТДИС

В.И. РАЗУМОВ, Л.И. РЫЖЕНКО*, В.П. СИЗИКОВ**

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

*Сибирская автомобильно-дорожная академия**

*Омский государственный университет путей сообщения***

e-mail: razumov@omsu.ru

Предложен подход к построению экспертной системы (ЭС), в которой используется смысловая база данных, а решатель совпадает с алгоритмом конструирования этой базы. Основой для формирования такой ЭС выступает теория динамических информационных систем (ДИС), а осмысление знаний реализуется с использованием генетически обусловленных структур, организующих знания в смысловые базы данных на сети ДИС-компьютеров с адекватной гипертекстовой грамматикой. Это позволяет систематизировать знания различных предметных областей, поддерживая междисциплинарные исследования и проекты инновационного характера.

Введение. Эффективность экспертных систем (ЭС) существенно зависит от организации базы знаний и работы с ней [1]. Решение этой задачи затрудняется рядом обстоятельств. В организации базы знаний и устройстве решателя используются разные логики. Остаётся нерешённой фундаментальная проблема о согласовании содержательно-смыслового компонента, характеризующего предметную область ЭС, и формально-математического содержания алгоритмической базы и программного обеспечения ЭС. Развитие ЭС уместно рассматривать в русле совершенствования процедур автоматизации, где обостряется противоречие между ускоренно совершенствующимися вычислительными технологиями и практически стагнацией в области автоматизации рассуждения.

В целях устранения отмеченных недостатков предлагаются системно организованные и онтологически обоснованные процедуры осмысления знаний в ЭС. Это достигается переходом к гипертекстовым грамматикам и языкам, подключающим потенциал образного мышления. В таком случае устраняются принципиальные различия между организацией данных и знаний в ЭС.

Перечисленные задачи нуждаются в разработке специфической методологии, которая, как минимум, должна отвечать двум критериям: во-первых, основываться на специальной онтологии (быть онтологически осмысленной); во-вторых, её инструментарий должен ориентироваться на достижение требований синтеза систем. Именно с учётом этих двух критериев разрабатывалась теория динамических информационных систем (ДИС, ТДИС) [2]. А ТДИС послужила базой для такого подхода к разработке интеллектуальных технологий (ИнТ), где используется согласование потенциалов образного и рационально-логического мышления. Эти ИнТ решают задачи перевода информации в знания, согласовывают содержательно-образное и формально-математическое в рассуждениях.

Указанный подход позволяет в дополнении к результатам, достигнутым на пути автоматизации вычислений, перейти к автоматизации рассуждений на компьютере (*К). Практическим результатом, полученным на этом пути, стала разработка прообраза

автоматизированного рабочего места исследователя, названная "Когнитивный ассистент" (КА) [3]. КА представляет собой одно из направлений разработанной на базе ТДИС ДИС-технологии [4–6]. Модели, разрабатываемые на основе ДИС-технологии, представляют собой ДИС-*К разного уровня. Частично процессы проработки таких моделей доступны с применением КА.

Дальнейшее развитие данной тематики позволяет не только формировать особый класс ЭС, но и выступить базой для создания сети коммуникации таких систем и их разработчиков.

Предпосылки создания смысловой ЭС. Началом к формированию базы для проработки онтологии систем уместно считать ТДИС [2]. Аппарат ТДИС позволил определиться с информационными основами синтеза систем [4–6] и инструментарием по его осуществлению в виде ДИС-технологии. Универсальный характер проработок обеспечил ДИС-технологии качества языка программирования и, одновременно, оболочки ЭС [1; 7]. Перспективной и вполне реализуемой стала задача развития и применения смысловой ЭС. Здесь излагаются основные составляющие и этапы такого, практически нескончаемого развития, в котором актуально участие пользователей различных специальностей.

Отметим, что ДИС-технология включает три этапа моделирования [4].

Первый этап. Построение (поиск) качественной модели объекта (процесса). Эта модель выражает системную сущность объекта, представляя генетически обусловленную структуру (ГО-СТ) как эквивалент понятия системы [4]. Универсальной средой для качественных моделей в ДИС-технологии служит сеть ДИС-*К как система знаний [4] со свойствами ГО-СТ, использующей операции дешифровки и мутаций. Готовится программная база по работе с системой знаний как автоматизированная установка по накоплению и использованию смыслового потенциала.

Второй этап. Построение (формирование) алгоритмической модели [2] объекта (процесса). Это, по сути, качественная модель, дополненная процессом информационного функционирования (ПИФ) на ней, тоже имеющим системное осмысление как ГО-СТ [4]. Здесь надо определять не только начальное состояние ПИФ на ДИС, включающее распределение актива и пассива по вершинам ДИС, а также показатели проводимости её рёбер и уровней трансформации пассива в актив в её вершинах [2; 4–6]. Надо предусматривать и изменчивость этих показателей. Что и как предопределяет их изменчивость? — главная проблема раскрытия законов Природы. Наряду со стационарными показателями проводимости рёбер, когда количество передаваемого по ребру ресурса зависит только от объёма ресурса в источнике, допустим вариант взаимодействия, когда проводимость зависит также и от объёма ресурса в приёмнике.

Третий этап. Анализ структурных и функциональных особенностей сформированной модели. Выделены подходы к анализу и регулированию ПИФ ДИС с интерпретациями выявляемых закономерностей:

(а) работа с режимами ПИФ ДИС, в том числе с предельными режимами ПИФ ДИС [2; 4] и с квазигиперболическими распределениями [8–9];

(б) место и особенности ПИФ специальных типов ДИС, например, когнитивных ячеек, проявляющих свойства осцилляторов [2; 5];

(в) аддитивные составляющие ПИФ ДИС, представления о натуральных дифференциалах [9–10] и ДИС-фазовом пространстве [5];

(г) обеспечение самопрогноза в ДИС-*К [2; 4].

Хотя на третьем этапе внимание сосредоточено на тематике ПИФ ДИС, это, однако,

не обходит стороной и тематику структуры ДИС, так как факт наличия у ДИС того или иного ребра эквивалентен факту отличия от нуля показателя проводимости этого ребра.

В целом планируемая смысловая ЭС должна осуществлять работу на всех трёх этапах ДИС-технологии. Однако началом всегда является реализация её первого этапа, поэтому оттолкнёмся от внимания к применению смысловой ЭС в деле построения (поиска) качественных моделей объектов (процессов).

Алгоритмы автоматизации рассуждений на бумаге. Накапливается опыт построения рассуждений на основе схематизаций, основанных на современной математике. Такие опыты начали Пифагор и Платон и успешно продолжали Н. Кузанский, Б. Спиноза, Р. Декарт. Богатейший категориальный аппарат новейшей философии есть содержательная основа для развития новых схем, алгоритмов рассуждений, ИнТ. Имеет смысл задуматься о том, что только незначительная часть идей и категорий философии были использованы в развитии науки и образования от конца 16 в. по настоящее время.

Алгоритмы автоматизации рассуждений на бумаге представляют собой ДИС, которая рассматривается результатом дешифровки исходной категории, репрезентирующей объект познания, на разных уровнях детализации. Детализация содержания категории реализуется на одном уровне за счёт использования процедур мутаций триад. ДИС есть информационные объекты, для которых значимо согласование структурного и функционального аспектов в их организации, поэтому уместно говорить о ДИС-*К произвольного уровня $n \geq 0$. На рис. 1 приведены изображения ДИС-*К уровней 0, 1, 2 и 3.

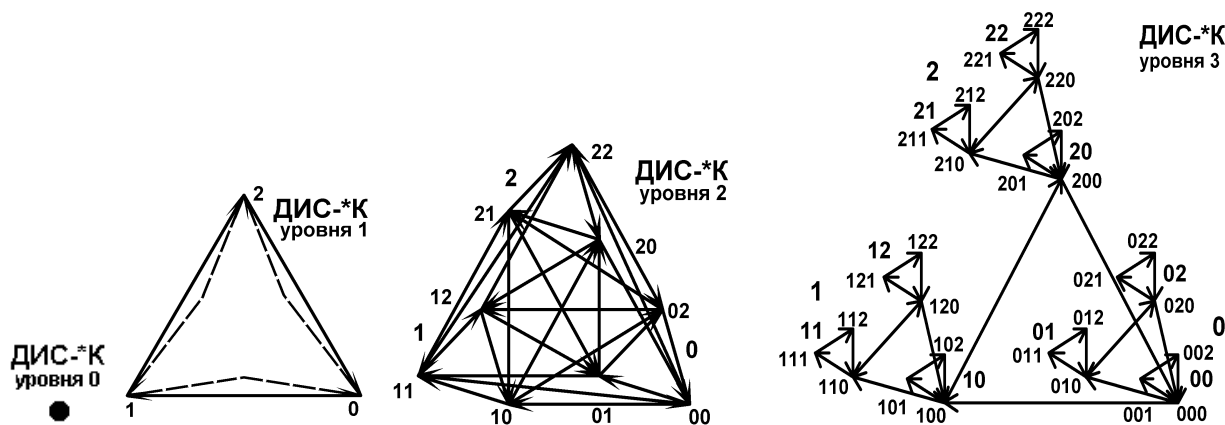


Рис. 1. ДИС-компьютеры уровней 0–3 как когнитивные шаблоны для упаковки знаний

Поскольку представления о ДИС-*К связываются с развитием ДИС-технологии, где, в частности, ДИС становится объектом для моделирования вычислений и численных экспериментов на *К, такой подход не только открывает перспективы для автоматизации, но позволяет на уровне разрабатываемых ИнТ согласовывать смысло-содержательные и формально-математические аспекты работы.

Фактически каждый ДИС-*К уровня дешифровки $n > 0$ является результатом последовательной n -кратной триадной дешифровки одиночной категории, фиксируясь в виде некоей канонической развёртки. Все категории, возникающие в этом последовательном процессе, обретают смысл, который запечатлевается в их именах, причём естественно считать, что триада, а далее и ДИС-*К уровня > 1 , дешифрующие определённую категорию, наследуют имя этой категории. Для обслуживания автоматизи-

рованных процедур над структурами ДИС-*К очень полезна каноническая нумерация из цифр 0, 1, 2 возникающих в канонической развёртке категорий, а далее и ДИС-*К уровня > 1 , строящаяся по индуктивному правилу: если категория с уже имеющимся k -значным номером N ($k \geq 0$ и первичная категория имеет пустой номер с $k = 0$) дешифруется в тройку новых категорий, то эти новые категории обретают $(k + 1)$ -значные номера, получающиеся припиской к N справа соответственно цифр 0, 1, 2. В итоге у ДИС-*К уровня дешифровки $n > 0$ вершины обретут n -значные номера из цифр 0, 1, 2 в системе счисления с основанием 3 [1]. С опорой на факт существования такой нумерации можно дать следующее аналитическое определение ДИС-*К произвольного уровня $n > 0$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1. ДИС-*К уровня $n \geq 0$ есть ДИС с 3^n вершинами, для которой существует такая n -значная нумерация её вершин из цифр 0, 1, 2 в системе счисления с основанием 3, что имеется ведущее ребро, идущее из вершины с номером N_1 в вершину с номером N_2 , (соответственно, контролирующее ребро – в обратном направлении) в точности тогда, когда $\Sigma_2 - \Sigma_1 \equiv 1 \pmod{3}$ (см. определение понятия "вычет" в кн.: [11]), где Σ_i – сумма цифр номера N_i ($i = 1, 2$).

Проработка онтологии ТДИС при переходе к ДИС-технологии, реализуемой на ДИС-*К, потребовала постановки и решения задачи формирования адекватных для этого языка и грамматики [12], открывающие перспективы для нетривиальных программных реализаций. В таком случае удаётся совместить сформулированное выше определение ИнТ с их пониманием в работах по искусственному интеллекту, когда согласовываются задачи автоматизации вычислений и рассуждений.

К грамматикам моделирования рассуждений. Решение изложенных проблем с целью формирования ЭС, осуществляющей процессы автоматизации рассуждений, вызвало работу над созданием особой грамматики, позволяющей реализовывать ДИС-технологию в решении конкретных задач. Это потребовало пройти путь от формулирования аксиом и определений к разработке синтаксиса ТДИС с выходом на субъектные языки, а с началом формирования алгоритмов и написания программ – к синтаксису ТДИС-2.

Итак, математические модели рассуждений, построенные на базе ТДИС, представляющие собой многомерные геометрические схемы с заданным синтаксисом, будем называть ТДИС-2. Заметим, что речь теперь идёт не просто об орграфах, а об их осмыслениях, когда вершины отождествляются с прописываемыми в них содержаниями посредством имён. Часть стандартных процедур из ТДИС индуцирует одноимённые процедуры в ТДИС-2, которые, однако, следует относить уже к именам и смыслам. В рамках грамматик ТДИС-2 созданы модели [13], определившие подход к построению когнитивных (смысловых) информационных баз данных и позволившие разработать прототип первого программного продукта КА по автоматизации рассуждений. Ниже излагается математическая модель, являющаяся развитием этих исследований и позволяющая двигаться дальше от однопользовательской программы к коммуникационной системе в сети Интернет.

В основу указанного класса программных продуктов положена следующая математическая модель. Поскольку дешифровку данного понятия можно рассматривать как его отражение в ориентированную тройку других понятий, наиболее значимых для раскрытия его смысла, этим можно воспользоваться для формализации. Пусть U обозначает совокупность всех доступных для использования понятий (категорий, имён).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2. Дешифровка g (в одну ступень) понятия $u \in U$ есть сопоставление ему тройки других понятий из U : $g(u) = (u_1, u_2, u_3)$. При этом понятие u называется производной (первого порядка) каждого из понятий u_i , обозначаясь $u = d_g(u_i)$, а каждое из u_i – первообразной (первого порядка) понятия u , обозначаясь $u_i \in \int_g(u)$ ($i = 1, 2, 3$). Понятие u называется также прямой свёрткой (в одну ступень) тройки понятий $g(u) = (u_1, u_2, u_3)$.

Любое понятие может подвергаться действию различных дешифровок. Это соответствует той интуиции, что разные люди по-разному могут определять данное понятие. Пусть G_u обозначает класс всех различных дешифровок g для понятия $u \in U$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 3. Совокупность $F_u \subseteq U$ всех возможных первообразных понятия u при дешифровках $g \in G_u$ называется интегралом (первого уровня) понятия $u \in U$. При этом пишем $F_u = \int(u)$ и $u = d(u_0)$ для любого $u_0 \in F_u$. Аналогично совокупность $D_u \subseteq U$ всех возможных производных фиксированного понятия $u \in U$ называется дифференциалом (первого уровня) этого понятия. При этом пишем $D_u = D(u)$ и $u \in \int(u_0)$ для любого $u_0 \in D_u$.

Из индуктивных соображений можно рассматривать дешифровки и прямые свёртки в две и более ступени, производные и первообразные второго и выше порядков, дифференциалы и интегралы второго и выше уровней. Ограничения на дешифровки g определяют грамматики языка ТДИС-2, положенные в основу моделей рассуждений. Обязательным считается ограничение, что ни одна из первообразных любого порядка не может совпадать с исходным понятием u , в частности, $u \notin \{u_1, u_2, u_3\}$ при $g(u) = (u_1, u_2, u_3)$. Ситуации, в которых это требование нарушается, условимся характеризовать как "смысловой вакуум". Исходя из интуитивных соображений, от таких ситуаций надо уходить, осознавая, что либо допущена ошибка при осуществлении дешифровок, либо исчерпан потенциал совокупности U , и её необходимо расширить.

Не менее важным дополнением к указанным моментам является соединение понятий в единую осмысленную модель. И тогда элементом синтаксиса является требование упорядоченности троек $g(u) = (u_1, u_2, u_3)$ как выразителя связей между u_1, u_2, u_3 в модели. В принципе, допустимы грамматики, в которых это требование не выполняется, но тогда и уровень смысловой проработки в них оказывается на порядки ниже.

Пусть мы имеем изначально некую осмысленную модель H типа ДИС. Эта модель как орграф непременно связна, а для выражения в ней связей все её понятия (вершины, категории) имеют n -значную нумерацию из цифр 0, 1, 2 в системе счисления с основанием 3, согласно которой ведущая связь от понятия h_1 к понятию h_2 есть в точности тогда, когда $N_2 - N_1 \equiv 1 \pmod{3}$, где N_i – сумма цифр номера у понятия h_i ($i = 1, 2$). Допускается $n = 0$, когда модель H состоит лишь из единственного, ещё не дешифрованного понятия. Фактически, речь идёт об аналоге вышеописанной канонической нумерации у ДИС-*К.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 4. Дешифровка g_H (в одну ступень) модели H означает переход к новой модели H' , обозначаемой также $\int_g(H)$, следующим образом: либо понятие h в H не дешифруется, но в H' к его номеру дописывается справа одна из цифр 0, 1, 2 по усмотрению пользователя; либо h имеет некую дешифровку $g(h) = (h_1, h_2, h_3)$, и каждое из понятий h_1, h_2, h_3 в H' получает номер, отличающийся от номера у h дописыванием справа по одной из цифр 0, 1, 2. Дописанные цифры у h_1, h_2, h_3 обязательно различны, а их конкретный выбор производится по усмотрению пользователя. Связи в H' индуцируются $(n + 1)$ -значными номерами вошедших в H' понятий. Базовым ограничением на выбор дописываемых цифр является требование, что каждая связь в исходной модели

H должна иметь свой прототип в H' .

По индукции формируются дешифровки модели в две и более ступени. По аналогии с определениями 2 и 3 представляются прямые свёртки модели в одну и более ступени, производные и первообразные любого порядка, дифференциалы и интегралы любого уровня в рамках конкретной модели. Однако модели должны иметь системный статус и это привносит дополнительные требования к грамматикам языка ТДИС-2.

Прежде всего, в модели $f_g(H)$ могут появиться тройки понятий, у которых номера дают полный набор $\{0; 1; 2\}$ значений по модулю 3, и, значит, эти понятия увязаны в триаду, но они не получались дешифровкой какого-то понятия из исходной модели H . Тем не менее, такие триады должны быть осмыслены в $f_g(H)$, т.е. должно существовать подходящее понятие, являющееся производной от всех трёх понятий, увязанных в триаду. Кроме того, такое требование непременно должно выполняться и в результате применения к модели $f_g(H)$ произвольной операции, именуемой мутацией [4].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 5. Мутацией m модели L в ранге ДИС с определённой на ней нумерацией понятий называется любая перестановка в L понятий, имеющих одинаковые по модулю 3 суммы цифр номеров. Совокупность всех мутаций модели L всегда образует группу с операцией суперпозиции, и эту группу будем обозначать через M_L .

Заметим, что мутация $m \in M_L$ никак не сказывается на орграфе модели L , поэтому в образе $m(L)$ можно осуществлять копии характерных для L процедур, в том числе дешифровок, прямых свёрток, отношений между производными и первообразными, включая дифференциалы и интегралы. Это привносит много новых, дополнительных осмыслений в исходную модель L , в частности, позволяет осмыслять в ней процедуры непрямых свёрток. Если вспомнить о модели $H' = f_g(H)$, то в ней должны быть осмысленными не только триады, но и все более сложные подсистемы её понятий, которые под действием какой-либо мутации $m \in M_{H'}$ оказываются в H' на месте таких частей, что были осмыслены ещё на стадии формирования модели $H' = f_g(H)$. Нарушение такой осмысленности указывает на неадекватность сформированной модели.

Поскольку, однако, количество мутаций у модели L лавинообразно растёт вслед за числом n разрядов в номерах понятий, делать полный перебор мутаций $m \in M_L$ с анализом осмысленности подсистем в образах $m(L)$ часто оказывается непосильной процедурой. Поэтому обычно ограничиваются узким набором мутаций $M'_L \subset M_L$, которые наиболее полно проработаны и именуются базовыми мутациями [4–6].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 6. Если модель L есть результат серии дешифровок в $n > 0$ ступеней в согласии с определением 3 некоторого понятия $u \in U$ и осмысления в соответствии с грамматикой языка ТДИС-2, то она называется смысловой конструкцией уровня n понятия $u \in U$. А сам процесс построения смысловой конструкции L есть модель рассуждения.

Однако при построении смысловых конструкций приходится опираться на интерпретации (комментарии), которые недоступны непосредственной автоматической обработке, и это требует вмешательства самого пользователя. Но и здесь можно указать серию ограничений, служащих рекомендациями для эффективной деятельности пользователя.

Пусть W обозначает совокупность всех имеющихся интерпретаций понятий из U . Уместно считать, что $W \cap U = \emptyset$, так как интерпретации, по сути, призваны указывать на связи между понятиями. Этот момент позволяет, с одной стороны, выделять в совокупности W аналоги интегралов в U , с другой стороны, выявлять серии характеристик общности между понятиями, осуществлять их склейки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 7. Полный набор $y(u) \subseteq W$ имеющихся интерпретаций понятия

$u \in U$ называется развёрткой этого понятия в W , а само понятие u называется при этом центром любой серии интерпретаций $W_1 \subseteq y(u) \subseteq W$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 8. Пусть $U' = \{u_1, \dots, u_k\} \subseteq U$ ($k > 1$) – некий набор различных понятий, и $W' = y(u_1) \cap \dots \cap y(u_k) \neq \emptyset$ в W . Тогда W' называется склейкой набора понятий U' , а U' – расслоением серии интерпретаций W' .

На практике, как правило, не бывает идеальных совпадений в интерпретациях различных понятий, но интуиция, наоборот, часто находит совпадающими по смыслу различно выраженные интерпретации, как, например, при описании одного понятия различными предметными языками. Много чаще бывают ситуации, когда интерпретации не дают совпадений, но указывают на некоторое родство у различных понятий. В принципе, можно навести детализацию на множестве интерпретаций W , и использовать определение 8 в более широком множестве W^* , но обычно здесь обходятся работой интуиции самого пользователя. Всё это и вынуждает подключаться пользователю при осуществлении процедур автоматизации рассуждений. Тем не менее, итоговое, доведённое каким-то пользователем до надёжной детализации, множество интерпретаций W^* может послужить базой для более эффективной автоматизации рассуждений другими пользователями.

К автоматизации рассуждений на компьютере. Построенная математическая модель позволила формализовать работу с понятиями и подойти к автоматизации рассуждений на *К. На данном этапе разработан программный продукт КА, позволяющий проводить рассуждение в интерактивном режиме взаимодействия человека с *К. При этом *К-программа предоставляет подсказки, сервисы и проверки, обеспечивающие выполнение заданного синтаксиса грамматики языка ТДИС-2.

Здесь дадим описание интерфейса КА.

Интерфейс пилотной версии КА (рис. 2) состоит из четырех компонентов:

– панель инструментов (верхняя строка на рис. 2), которые разделены на три группы: ”работа со смысловыми множествами”, ”изменение смысловых схем” и ”визуализация рассуждений”;

– список понятий смыслового множества (левое поле на рис. 2);

– интерпретации (комментарии) понятий (среднее поле на рис. 2);

– визуальная смысловая схема (правое поле на рис. 2).

Дистрибутив КА, а также работы по проекту ТДИС-2 находится в открытом доступе (<http://thoughtring.com/>).

Алгоритм произвольного рассуждения строится следующим образом. Последовательность рассуждения в КА включает два основных этапа.

Первый этап. На этом этапе в смысловое множество (левое поле на рис. 2) вводятся понятия из интересующей исследователя предметной области. К каждому понятию оформляются комментарии (даются интерпретации), уточняющие его смысл (среднее поле на рис. 2), взятые из словарей, научных статей, других источников. Исходные комментарии (интерпретации) могут противоречить друг другу. Уже несколько статей в изданиях, поддержанных ВАК РФ, выполнены с применением КА, например [3; 13–15].

Второй этап. Сформированные на первом этапе понятия (или какая-то их часть) выносятся в правое поле (рис. 2), и делаются попытки установки связей между ними, при которых одни становятся первообразными или производными других. При этом оказывается, что для снятия противоречий по ходу необходимо осуществлять дешифровки, свёртки, мутации, определять дифференциалы (производные) и интегралы (пер-

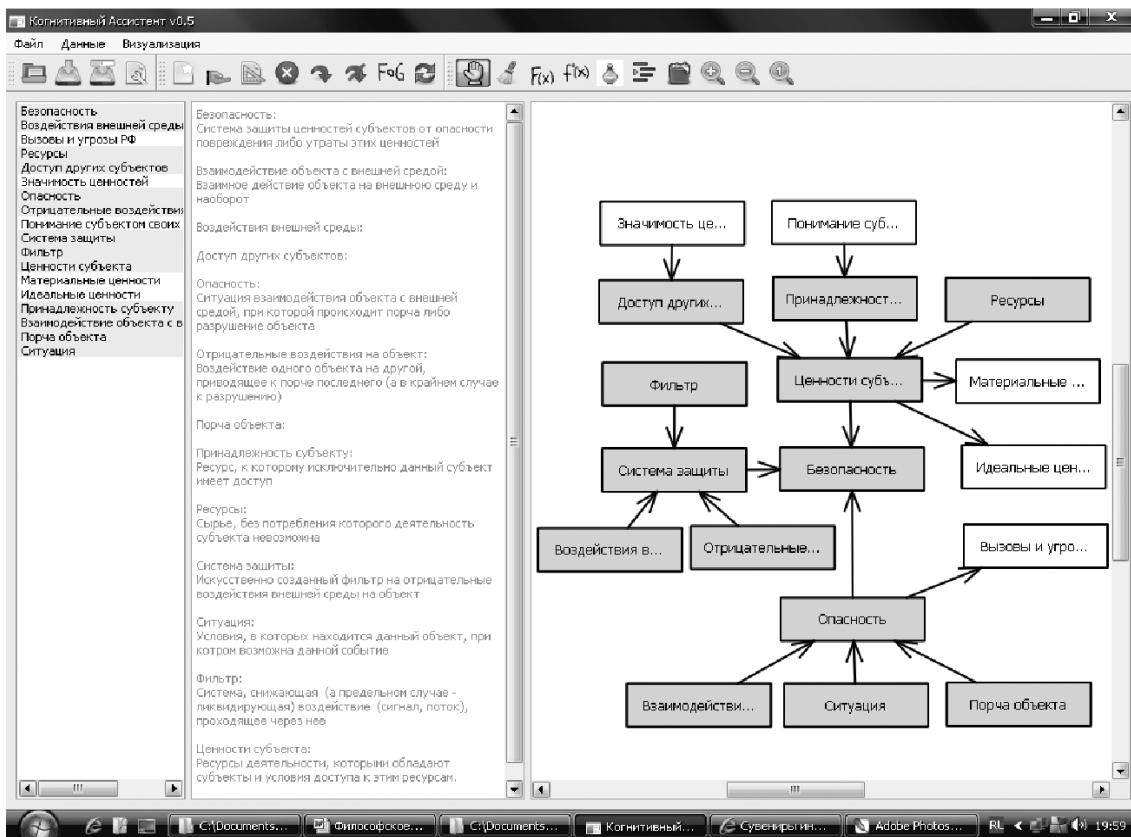


Рис. 2. Пример обработки знаний в "Когнитивном ассистенте"

вообразные) понятий, а также вводить новые понятия (или удалять лишние). То есть, на этой стадии идёт активная корректировка и расширение смыслового множества. Работа сопровождается дополнением и корректировкой (иногда кардинальной!) комментариев и изменением имён понятий. Процесс продолжается до тех пор, пока все понятия из смыслового множества, отражающие данную предметную область, не будут уложены в полную непротиворечивую смысловую схему.

Смысловая ЭС представляет собой комплекс из нескольких согласованных между собой модулей. В общем виде с её помощью решается задача перевода информации в знания, упакованные в соответствие с архитектурами, реализуемыми ИнТ на основе ДИС-технологии. В настоящее время такая задача реализуется одним из авторов в ходе развития Центра трансфера технологий СибАДИ (<http://ctt.sibadi.org/>).

Интерактивная организация смысловой ЭС. В целях обеспечения возможности использовать потенциал смысловой ЭС наиболее широкому кругу лиц предусматривается работа пользователей с готовыми шаблонами. Однако предлагать просто заполнять пользователю можно разве что документ, форма которого должна быть заранее хорошо продумана и осмыслена. Что выступает документом, когда речь идёт о развёртывании познания, ориентированного на междисциплинарный синтез? Таким документом является разработанная категориальная схема из 81 мини-категории, она же ДИС-*К уровня 4, информационных основ синтеза систем [4–6]. Причём, большую пользу для дела может приносить работа даже с частями этого ДИС-*К, а также с какими-то мутациями как самого ДИС-*К, так и его частей. Более того, для работы в рамках эволюционного аспекта [2; 5] важно осмыслять не только сами мини-категории

и их комбинации (узловые данные ДИС-*К как сети), но также и связи между ними (передаточные данные ДИС-*К как сети). Так что именно данный ДИС-*К и должен выступать источником готовых шаблонов.

Фактически, выделяются три задачи.

Задача 1. Предусматривает возможность работы пользователя вне контакта со смысловой ЭС по тематике своих предметных областей, используя заложенный в [4–6] опыт формирования качественных моделей в виде ДИС-*К. Для реализации таких целей уже имеется программный инструментарий "Когнитивный ассистент", позволяющий воплощать указанный опыт не на бумаге, а на экране *К. В перспективе этот инструментарий может быть усовершенствован.

Задача 2. Предусматривает формирование возможно более полной серии шаблонов, заложенных в потенциале ДИС-*К информационных основ синтеза систем. Такая серия представляет фундаментальную базу знаний и выступает ядром смысловой ЭС. Для реализации указанной цели тоже может использоваться программный инструментарий "Когнитивный ассистент".

Задача 3. Предусматривает согласование результатов работы по задачам 1 и 2. Именно здесь востребована смысловая ЭС. С одной стороны, указанное согласование позволяет обеспечивать пользователей готовыми фундаментальными шаблонами при решении задачи 1, с другой стороны, разработки по задаче 1 могут и должны способствовать заполнению свободных мест при решении задачи 2. В итоге при каждом шаблоне по задаче 2 будет накапливаться серия его специфических заполнений на соответствующих примерах задачи 1. Тем самым, процедура согласования способствует ускорению решения обеих задач.

Главная проблема состоит в практически неисчерпаемом богатстве потенциала ДИС-*К информационных основ синтеза систем, которое не позволяет достичь полного осмысления этого ДИС-*К за какое-то определённое время. Поэтому такое осмысление необходимо осуществлять в текущем режиме с учётом развития социума. Надо уметь фиксировать и, при необходимости, выдавать накопленный потенциал ДИС-*К, включающий информацию по задачам 1 и 2. В этом и состоит основное предназначение смысловой ЭС. Однако, как правило, неясно, какая конкретно часть ДИС-*К больше всего нуждается в проработке в текущий момент времени. Поэтому по обеим задачам 1 и 2 уместно предусмотреть экспертов, которые могут и должны обеспечивать согласование в задаче 3, в том числе, эксперт по задаче 1 может определять заказчиков.

Впрочем, аналогичная тройка задач возникает и при работе в русле других аспектов, например, уже упоминаемого выше эволюционного аспекта, а также функционального аспекта. Конечно, вслед за сменой аспекта другими окажутся формы соответствующих шаблонов, качество их наполнения, а также методы и программы по поддержке работы с ними. Однако исходная картина организации процедур будет такой же, как и в деле построения (поиска) качественных моделей объектов (процессов).

Реализация предложенного подхода в состоянии выступить площадкой для коммуникации специалистов разного профиля, поддерживаемого интерактивной самообучающейся ЭС. Ключевой особенностью данной смысловой ЭС является архитектура знания, где в ДИС-*К согласованы структурный и функциональный аспекты организации, но и на информационном уровне для каждой модели предусмотрены возможности численных имитационных экспериментов с выявлением и последующим анализом соответствующих ПИФ. Данная ЭС обладает практически неограниченными возможностями к наполнению знаниями любого типа.

Заключение. Интеллектуально-ёмкое экономико-технологическое развитие цивилизации с конца 20 в. стало возможным только за счёт решения задач автоматизации вычислений. Вместе с этим начинает осознаваться фатальная неполнота такого подхода вне дополнения технологий вычислений технологиями рассуждений. Объединение этих двух ветвей автоматизации должно осуществляться в комплексной программе развития ИнТ, на сопровождение и участие в ней следует ориентировать методологию науки и междисциплинарные исследования. Переход к научным теориям о человеке и обществе станет возможным при освоении автоматизации рассуждений, развитии ИнТ, основанных на синтезе философии, физики, математики, и с применением современных ИнТ и *К-технологий.

Если распространённый путь формирования ЭС связан с переносом конкретного экспертного опыта на, как правило, разработанную независимо от этого программную платформу, то в разработке смысловой ЭС изначально была сформирована онтологическая, логико-методологическая база. Смысловая ЭС развивается как некая универсальная оболочка для работы со знаниями, отвечающая критериям междисциплинарности, синтеза систем. Есть основания полагать, что смысловая ЭС способна выступить одновременно в ролях: обучения, познания, проектирования.

Представленный здесь подход к автоматизации рассуждений внедряется как в сфере науки-образования, так и в области решения практических задач. В настоящее время в СибАДИ развёрнут Центр трансфера технологий, использующий КА, а также ТДИС-2 (<http://ctt.sibadi.org/>).

Список литературы

- [1] ОСТРЕЙКОВСКИЙ В.А. Информатика: учеб. пособие для студ. сред. проф. учеб. заведений / В.А. Острейковский. 2-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2005. 319 с.
- [2] РАЗУМОВ В.И. Основы теории динамических информационных систем / В.И. Разумов, В.П. Сизиков. Омск: ОмГУ, 2005. 212 с.; То же [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.omsu.ru/file.php?id=4264.
- [3] ПОЛЕЩЕНКО К.Н. Междисциплинарные основания процедур упаковки информационного пространства с использованием теории динамических информационных систем / К.Н. Полещенко, В.И. Разумов, Л.И. Рыженко, В.П. Сизиков // Вестник ОмГУ. 2010. № 2 (56).
- [4] РАЗУМОВ В.И. Информационные основы синтеза систем. В 3 ч. Ч. I. Информационные основы системы знаний / В.И. Разумов, В.П. Сизиков. Омск: ОмГУ, 2007. 266 с.; То же [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.omsu.ru/file.php?id=2594.
- [5] РАЗУМОВ В.И. Информационные основы синтеза систем. В 3 ч. Ч. II. Информационные основы синтеза / В.И. Разумов, В.П. Сизиков. Омск: ОмГУ, 2008. 340 с.; То же [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.omsu.ru/file.php?id=4265.
- [6] РАЗУМОВ В.И. Информационные основы синтеза систем. В 3 ч. Ч. III. Информационные основы имитации / В.И. Разумов, В.П. Сизиков. Омск: ОмГУ, 2011. 628 с.; То же [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.omsu.ru/file.asp?id=6759 (part1); www.omsu.ru/file.asp?id=6760 (part2).
- [7] АГАФОНОВ А.Л. Язык имитационного моделирования на базе ТДИС в обеспечении качества автоматизации / А.Л. Агафонов, В.И. Разумов, В.П. Сизиков // Омский научный вестник. 2009. № 3 (83).

- [8] ЧАЙКОВСКИЙ Ю. Юбилей Ламарка–Дарвина и революция в иммунологии. Ч. 3. Иммуитет как упорядоченность / Ю. Чайковский // Наука и жизнь. 2009. № 4.
- [9] СИЗИКОВ В.П. К имитационному моделированию на базе ДИС-технологии / В.П. Сизиков // Омский научный вестник. 2010. № 1 (87).
- [10] СИЗИКОВ В.П. Применение ДИС-технологии в изучении эволюции / В.П. Сизиков // Журнал проблем эволюции открытых систем. 2009. Вып. 11. Т. 1.
- [11] ГАНТМАХЕР Ф.Р. Теория матриц / Ф.Р. Гантмахер. М.: Наука, 1988. 556 с.
- [12] КУЗНЕЦОВ О.П. Дискретная математика для инженера. 3-е изд., перераб. и доп. / О.П. Кузнецов. СПб.: Лань, 2004. 400 с.
- [13] РЫЖЕНКО Л.И. Подход к смысловой организации информационных баз данных / Л.И. Рыженко // Философия науки. 2010. № 3 (46).
- [14] ДУСЬ Ю.П. Влияние особенностей трендов российской социодинамики на экономику / Ю.П. Дусь, В.И. Разумов, Л.И. Рыженко // Вестник УрФУ. Сер. экономика и управление. № 2/2011.
- [15] ПОЛЕЩЕНКО К.Н. Возможности развития инновационных площадок в контексте их ресурсного обеспечения / К.Н. Полещенко, В.И. Разумов, Л.И. Рыженко // Менеджмент инноваций. 2011. № 1.