

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В.И. Разумов, Л.И. Рыженко, В.П. Сизиков

На базе теории динамических информационных систем (ДИС) определен путь для автоматизации рассуждений. Даны дефиниции ведущих операций на моделях типа ДИС (дешифровки, свертки, мутации) и отношений между понятиями (первообразные, производные, интегралы, дифференциалы), а также между понятиями и интерпретациями (развертки и их центры, склейки, расслоения), позволяющие строить модели рассуждений. Указанный путь реализован в программном продукте «Когнитивный ассистент» как прототипе автоматизированного рабочего места исследователя. Описаны компьютерный интерфейс и методики работы с устройством (<http://thoughtring.com>).

Ключевые слова: модель, система, информация, понятие, компьютер, интерфейс

Постановка проблемы

Ведущая проблема для науки и образования в XXI в. – проблема обеспечения роста производительности труда в соответствующих отраслях. Поэтому на фоне кризисных процессов в обществе важна профессионализация интеллектуальной деятельности, когда не узкая специализация, а нацеленность на междисциплинарные подходы, совершенствование познавательных инструментов, установка на модернизацию станут определять компетенции выпускников университетов, включая уровни кандидатов и докторов наук.

Познание фактически уже составляет особый когнитивный метаболизм в социуме как организме, но познавательная деятельность как совокупность процессов переноса, преобразования, хранения знания еще далека от адекватного его осмысления и освоения. Проблемам совершенствования интеллектуальных технологий (ИнТ) не уделяется внимания как ключевым в модернизации науки, образования, проектирования. В отношении этих проблем сложился устойчивый стереотип, когда их связывают более со сферой интеллектуального искусства, чем с технологиями. Тематика ИнТ не развита ни на уровнях онтологии и метафизики, ни на уровне социальной праксеологии, гуманитарных технологий. В точных

© Разумов В.И., Рыженко Л.И., Сизиков В.П., 2013

науках и инженерно-технической деятельности вопросы, касающиеся ИИТ, практически не выделяются из круга вопросов относительно искусственного интеллекта. В то же время следует указать, что отечественные научные школы имеют достижения в этой области. Достаточно назвать имена Г.С. Альтшуллера [1], Ю.М. Горского [2] и др. Большая работа в направлении совершенствования человеческого интеллекта проводилась научной школой «Интеллектуальные системы и интеллектика», возглавляемой академиком РАО И.С. Ладенко [3]. С 2008 г. деятельность этой школы возобновилась и проведены три всероссийские научно-практические конференции [4].

Прорыв в области высоких технологий сказался пока только на осуществленных в науке усовершенствованиях экстенсивного характера. Серьезных изменений в разработке новых ИИТ не произошло. Имеющиеся когнитивные средства существенно отстают от потребностей переработки накапливаемой информации, ее интерпретации и осмысления, продуктами которых является системное знание. Собственно говоря, инструменты познания и не разрабатывались для этих целей. Актуальная задача – создание ИИТ нового поколения, основывающихся на развертывании когнитивных ресурсов мышления, обеспечивающих существенный рост производительности труда в науке, образовании, проектировании. Без решения данной задачи сама наука не перейдет на интенсивные технологии развития, соответственно, вслед за ней на стагнацию будут обречены образование и проектирование.

ИИТ суть инструменты перевода информации в системное знание. Они базируются на онтологически осмысленных приемах преобразования знаний, в процессе их развития создаются особые форматы для представления знаний (когнитивные шаблоны). В ходе разработки ИИТ решаются задачи согласования смыслодержательных и формально-математических аспектов работы с любым исследовательским материалом. Выявление специфики знаний в их связи с информацией, особенностей их обработки актуализируется усилением рассогласования процессов овладения человечеством инструментами для работы с информационными и знаниевыми потоками [5]. Переход к новому классу ИИТ должен обеспечить возрастание производительности труда в самой науке, а затем в образовании и проектировании. ИИТ, основывающиеся на раскрытии новых когнитивных способностей человека, следует относить к классу «критических технологий».

Господствующая в современной науке интеллектуальная традиция уменьшает многомерность мысли в направлении линеаризации рассу-

дений в речи, письме. Понимание и интерпретация идеи оказываются стеснены такой линеаризацией при сообщении идеи субъектом-источником и восстановлении ее исходного смысло-содержания субъектом восприятия. В подходе к определениям Аристотеля – Порфирия учтена раскрывающая существо предмета иерархия знания, в которой выделены уровни (род, видовое отличие, собственное, приводящее). Но даже эти требования в обычном линейном тексте трудно соблюдать полноценно, так как невозможно одновременно выдерживать последовательность изложения материала и передавать иерархичность соотношения терминов.

Преодолеть отмеченные препятствия можно посредством перехода к визуализации интеллектуальной деятельности. Схемы как гипертексты по своим выразительным возможностям приближаются к форматам организации мысли. Перспективно движение от достаточно произвольных изображений мысли и рассуждения к формализации и математической проработке схем, к разворачиванию интеллектуальной схемотехники. Такой подход активно использует школа Г.П. Щедровицкого, однако в рамках оргдеятельностной схемотехники до сих пор не создан общепринятый синтаксис.

Результаты на пути построения синтаксиса для выполнения схем были получены авторами настоящей статьи на базе категориально-системной методологии [6] и теории динамических информационных систем (ТДИС) [7]. В этом случае схемы можно рассматривать как классы когнитивных шаблонов мыследеятельности. С учетом полученных теоретических результатов и накопленного опыта работы с категориальными схемами открываются возможности для автоматизации рассуждений, предусматривающей их упаковку в форматы осмысленных математически схем рассуждений в задачах обучения, познания, проектирования. В данной статье изложены результаты, полученные на пути разворачивания ИнТ в область автоматизации разворачивания схем.

На первом этапе была достигнута автоматизация рассуждений на бумаге и созданы особые когнитивные шаблоны для выполнения исследований и проектов любого типа. Связь создаваемых на основе ТДИС категориальных схем знания с информационными процессами не только сохранилась, но в каждой такой схеме предусмотрена возможность для математического описания соответствующего ей процесса информационного функционирования. Это подтвердили численные имитационные эксперименты на компьютере.

Следующим шагом стали переход к автоматизации рассуждений на компьютере и создание программного продукта «Когнитивный асси-

стент» (КА). Это компьютерная программа для решения задач автоматизации рассуждений, она выполнена на базе теоретических результатов, полученных в ТДИС. Развитие КА продолжает традицию создания логических машин [8], но с той особенностью, что автоматизация рассуждений является продолжением разработок вычислительных алгоритмов и имитационных моделей. Сейчас создана и осваивается первая версия (прототип) КА (<http://thoughttring.com>).

Математические модели рассуждений

Математические модели рассуждений, построенные на базе ТДИС, представляющие собой многомерные геометрические схемы с заданным синтаксисом, будем называть ТДИС-2. Заметим, что речь теперь идет не просто об орграфах, а об их осмыслениях, когда вершины отождествляются с прописываемыми в них содержаниями посредством имен. Часть стандартных процедур из ТДИС индуцирует одноименные процедуры в ТДИС-2, которые, однако, следует относить уже к именам и смыслам. В рамках грамматик ТДИС-2 созданы модели [9], 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 дающая возможность 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, имен).

Определение 1. 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 $u_i \in f_g(u)$ ($i = 1, 2, 3$). Понятие u называется также прямой сверткой (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 2. 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 свертки в две и более ступеней, 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». На основании интуитивных соображений от таких ситуаций надо уходить, осознавая, что либо допущена ошибка при осуществлении дешифровок, либо исчерпан потенциал совокупности U и ее 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 оргграф непременно связна, а для выражения в ней связей все ее 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, еще не дешифрованного понятия.

Определение 3. 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 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 ступеней. По аналогии с определениями 1 и 2 представляются прямые свертки модели в одну и более ступеней, 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 $\int_g(H)$ 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 $\int_g(H)$, т.е. должно существовать подходящее понятие, являющееся производной от всех трех понятий, увязанных в триаду. Кроме того, такое требование непременно должно выполняться и в результате применения к модели $\int_g(H)$ произвольной операции, именуемой мутацией [10].

Определение 4. Мутацией m модели L в ранге ДИС с определенной 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 сверток, отношений между производными и первообразными, включая дифференциалы и интегралы. Это приносит много новых, дополнительных осмыслений в исходную модель L , в частности, позволяет осмыслять в ней процедуры непрямых сверток. Если вспомнить о модели $H' = \int_g(H)$, то в ней должны быть осмысленными не только триады, но и все более сложные подсистемы ее понятий, которые под действием какой-либо мутации $m \in M_{H'}$ оказываются в H' на месте таких частей, что были осмыслены еще на стадии формирования модели $H' = \int_g(H)$. Нарушение такой осмысленности указывает на неадекватность сформированной модели.

Поскольку, однако, количество мутаций у модели L лавинообразно растет 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.

Определение 5. 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 для непосредственной автоматической обработки, и это требует вмешательства самого пользователя. Но и здесь можно указать на 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 и, с другой стороны, выявлять серии характеристик общности между понятиями, осуществлять их склейки.

Определение 6. Полный набор $y(u) \subseteq W$ имеющихся интерпретаций понятия $u \in U$ называется разверткой этого понятия в W , а само понятие u называется при этом центром любой серии интерпретаций $W1 \subseteq y(u) \subseteq W$.

Определение 7. Пусть $U' = \{u_1, \dots, u_k\} \subseteq U$ ($k > 1$) – некий набор различных понятий и $W = \chi(u_1) \cap \dots \cap \chi(u_k) \neq \emptyset$ 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 позволяет считать 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 7 в более широком множестве W^* , но обычно здесь обходятся работой интуиции самого пользователя. Все это и вынуждает к тому, чтобы пользователь подключался при осуществлении процедур автоматизации рассуждений. Тем не менее итоговое, доведенное каким-то пользователем до надежной детализации множество интерпретаций W^* может послужить базой для более эффективной автоматизации рассуждений другими пользователями.

Алгоритмы автоматизации рассуждений

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

Интерфейс КА (см. рисунок) состоит из четырех компонентов:

- панели инструментов (верхняя строка на рисунке), которые разделены на три группы: «Работа со смысловыми множествами», «Изменение смысловых схем» и «Визуализация рассуждений»;
- списка понятий смыслового множества (левое поле на рисунке);
- интерпретаций (комментариев) понятий (среднее поле на рисунке);
- визуальной смысловой схемы (правое поле на рисунке).

продолжается до тех пор, пока все понятия из смыслового множества, отражающие данную предметную область, не будут уложены в полную непротиворечивую смысловую схему. Надо сказать, что визуальная схема может занимать достаточно большую площадь, и для ее рассмотрения в КА предусмотрена операция масштабирования картинки (правое поле на рисунке).

Как показывает опыт применения КА в разных предметных областях, время получения научных результатов кардинально сокращается (по крайней мере не менее чем на порядок). Авторы даже оказались в затруднении с публикацией того растущего объема результатов, который накопился за период апробации программного продукта. Но главный итог заключается не в этом, а в том, что получаемые результаты выдерживают достаточно жесткие требования к полноте и непротиворечивости смысловых конструкций, а следовательно, к качеству рассуждений [11].

Примечания

1. См.: *Правила игры без правил* / Сост. А.Б. Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1989.

2. См.: *Горский Ю.М.* Основы гомеостатики: Гармония и дисгармония живых, природных, социальных и искусственных систем). – Иркутск: Изд-во ИГЭА, 1998; *Gorsky Yu.M., Zolin P.P., Stepanov A.M., Razumov V.I.* Homeostatic models in biochemistry (on an example of metabolism of purines, pyrimidines and nucleic acids) // Proceedings on Knowledge Transfer, held July 14–16, 1997 at The School of Oriental and African Studies, University of London, UK. – L., 1997. – V. 2. – P. 90–95; *Astafyev V.I., Gorski Yu.M., Pospelov D.A.* Homeostatics // *Cybernetics and Applied Systems*. – N.Y., 1992. – P. 7–22.

3. См.: *Ладенко И.С.* Интеллектуальные системы и логика. – Новосибирск: Наука, 1973; *Ладенко И.С., Разумов В.И., Теслинов А.Г.* Концептуальные основы теории интеллектуальных систем: систематизация методологических основ интеллектики / Отв. ред. И.С. Ладенко. – Новосибирск: Ин-т философии и права СО РАН, 1994.

4. См.: *Интеллект.* Культура. Образование: Мат. Юб. конф., посв. 75-летию со дня рождения акад. РАО И.С. Ладенко (Новосибирск, 16–18 сентября 2008 г.). – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2008; *Интеллект.* Культура. Образование: Мат. II Всерос. науч. конф. (Новосибирск, 15 сентября 2009 г.). – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2009; *Интеллект.* Культура. Образование: Мат. III Всерос. науч. конф. с междунар. участием и элементами науч. шк. для молодежи (Новосибирск, 15–17 сентября 2010 г.). – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2010.

5. См.: *Полеценко К.Н., Разумов В.И., Рыженко Л.И., Сизиков В.П.* Междисциплинарные основания процедур упаковки информационного пространства с использованием теории динамических информационных систем // *Вестн. Омск. ун-та.* – 2010. – № 2. – С. 224–229.

6. См.: *Разумов В.И.* Категориально-системная методология в подготовке ученых: Уч. пособие / Вст. ст. А.Г. Теслинова. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2004.

7. См.: *Разумов В.И., Сизиков В.П.* Основы теории динамических информационных систем / Вст. ст. А.А. Романюхи. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2005; *Они же.* Информационные основы синтеза систем: В 3 ч. Ч. I: Информационные основы системы знаний. – Омск: Изд-

во ОмГУ, 2007; *Они же*. Информационные основы синтеза систем: В 3 ч. Ч. II: Информационные основы синтеза. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2008.

8. См.: *Голубниченко А.Н.* Логические машины: от Р. Луллия к ТДИС // Мат. Всерос. конф. с междунар. участием «Знания-Онтологии-Теории» (ЗОНТ 09). – Новосибирск, 2009. – Т. 2. – С. 140–144.

9. См.: *Рыженко Л.И.* Подход к смысловой организации информационных баз данных // *Философия науки*. – 2010. – № 3 (46). – С. 58–80.

10. См.: *Разумов В.И., Сизиков В.П.* Информационные основы синтеза систем. – Ч. I; *Они же*. Информационные основы синтеза систем. – Ч. II.

11. См.: *Полеценко К.Н., Разумов В.И., Рыженко Л.И.* От инноватики к инновациологии: философские аспекты социальной динамики // *Вестн. Омск. ун-та*. – 2010. – № 1. – С. 17–24.

Дата поступления 20.06.2012

Омский государственный университет, г. Омск

razumov@omsu.ru

Сибирская автодорожная академия, г. Омск

leonid_ryz@rambler.ru

Омский государственный университет

путей сообщения, г. Омск

v_p_sizikov@mail.ru

Razumov, V.I., L.I. Ryzenko and V.P. Sizikov. Automation of intellectual activity

Basing on the theory of dynamic information systems (DIS) the authors set the way to atomize reasoning. They define leading operations on models of the DIS type (decodings, convolutions, mutations) and relations between concepts (primitives, derivatives, integrals, differentials), as well as between concepts and interpretations (developments and their centers, stickings, stratifications) that makes possible to build models of reasoning. The said way is realized in the software product "Cognitive assistant" which is a prototype of a researcher automated workplace. The computer interface and procedures of device handling are described (<http://thoughttring.com>).

Keywords: model; system; information; concept; computer; interface