

# Теоретические основы моделирования процессов формирования новых знаний

И. М. ЗАЦМАН

(ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ИНФОРМАТИКИ РАН)

Статья представляет собой текст доклада на Пятой международной научной конференции «Фундаментальные основы информационной науки» (FIS-2013), проходившей 21–23 мая 2013 г. в Московском гуманитарном университете. Дано краткое описание теоретических основ решения проблемы компьютерного моделирования процессов формирования новых экспертных знаний. Эта проблема проявляет себя наиболее наглядно в тех ситуациях, когда имеющиеся системы экспертных знаний не удовлетворяют новым социально значимым целям и потребностям общества.

Ключевые слова: экспертные знания, методологические подходы, компьютерное моделирование.

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема компьютерного моделирования процессов формирования новых экспертных знаний проявляет себя наиболее наглядно в тех ситуациях, когда имеющиеся системы экспертных знаний не удовлетворяют новым социально значимым целям, потребностям общества, и в новых условиях они оцениваются как неадекватные или неполные. В настоящее время комплекс исследований процессов направляемого (целенаправленного) формирования новых знаний складывается в информатике как новое научное направление. На становление этого научного направления оказали существенное влияние результаты планирования и реализации 7-й Рамочной программы Европейского союза (ЕС), принятой на период 2007–2013 гг., и в частности подготовка программных и конкурсных документов для проектов по созданию информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) нового поколения.

В этих документах определен широкий спектр актуальных исследований и разработок, включая исследование возможностей ИКТ по представлению знаний человека в динамике их формирования, а также целенаправленного влияния на процесс формирования новых знаний. Ключевая роль ИКТ в проблематике формирования и представления новых знаний послужила основанием для включения этой проблематики в 7-ю Рамочную программу ЕС.

Известная и широко используемая спиральная модель формирования знаний, которая описана в работах Нонака и Такеучи (Nonaka, 1991; Nonaka, Takeuchi, 1995), и ее

обобщение, предложенное в работах Вежбицки и Накамори (Wierzbicki, Nakamori, 2005; 2007), не зависят от целей формирования, предметной области и сферы деятельности — они являются универсальными. Поэтому спиральная модель формирования знаний и ее обобщение были выбраны автором в качестве исходной позиции для разработки теоретических основ решения проблемы компьютерного моделирования процессов формирования новых экспертных знаний.

Опыт применения ИКТ, в частности разработанных в институте *Japan Advanced Institute of Science and Technology* (JAIST) для поддержки процесса формирования новых знаний (Ren et al., 2007), позволяет утверждать следующее: несмотря на то что модели формирования знаний, предложенные Нонака, Такеучи, Вежбицки и Накамори, широко используются на практике, имеется ряд нерешенных вопросов, ограничивающих сферу применения этих моделей.

Перечислим пять таких нерешенных вопросов:

1) в этих моделях не определяются моменты времени изменения состояния формируемых личностных и коллективных экспертных знаний (поэтому, используя модели Нонака, Такеучи, Вежбицки и Накамори, нельзя узнать промежутки времени, в течение которых происходят те или иные изменения в системе знаний);

2) в этих моделях не определяются объекты интерпретации и их изменения во времени для тех предметных областей, в которых новые экспертные знания являются результатом

процесса семантического анализа объектов интерпретации (т. е. в составе этих моделей отсутствует описание тех объектов, интерпретация изменений которых влияет на процессы формирования новых или развития существующих экспертных знаний);

3) не выделяются структурные элементы формируемых экспертных знаний и временные этапы их развития с идентификацией тех структурных элементов знаний, которые были сгенерированы или изменены на каждом промежутке времени;

4) не определяются моменты времени появления новых структурных элементов экспертных знаний;

5) не определяются степень согласованности понимания объектов интерпретации между экспертами и изменение степени согласованности во времени.

Комплексное решение проблемы компьютерного моделирования процессов создания новых экспертных знаний, включающей решение пяти перечисленных вопросов, в настоящее время отсутствует. В связи с вышесказанным актуальными являются поиски решения этой проблемы.

В статье предлагаются теоретические основы компьютерного моделирования процессов создания и социализации экспертных знаний, которые представляет собой развитие спиральной модели формирования знаний и ее обобщения, предложенного Вежбицки и Накамори.

#### *ОСНОВНАЯ ИДЕЯ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ*

Суть предлагаемой идеи заключается в том, что на оси времени фиксируются происходящие содержательные и количественные изменения в системе экспертных знаний в динамике их формирования. Изменения фиксируются в темпоральном словаре, разработанном для представления содержательных изменений и описания количественных изменений (Zatsman, 2012a, 2012b). Отличительная черта предлагаемого подхода состоит в явном описании изменяемых во времени структурных элементов знаний, соответствующих объектам интерпретации, в виде дескрипторов темпорального словаря.

Предлагаемый подход ориентирован на решение задач из разных предметных областей естественных и гуманитарных наук с динамическими объектами интерпретации. В частности, он был опробован в процессе решения задачи разработки новых индикаторов для мониторинга и оценивания программно-целевой деятельности в сфере науки. В этой задаче каждый динамический объект интерпретации является совокупностью программы вычисления значений нового индикатора, обрабатываемых этой программой данных и вычисленных значений этого индикатора. Структурный элемент знаний эксперта-разработчика нового индикатора, соответствующий такому объекту интерпретации, представляет собой смысловое содержание (концепт) нового индикатора, разрабатываемого экспертами. Концепт нового индикатора появляется в результате интерпретации программы вычисления значений, обрабатываемых этой программой данных и вычисленных значений этого индикатора.

Кроме разработки новых индикаторов, рассматривались задачи контрастивной лингвистики с динамическими объектами интерпретации (Buntman et al., 2010). В этих задачах каждый динамический объект интерпретации является парой фрагментов параллельных текстов на русском и иностранном языках, фиксирующей трудность перевода с русского языка. Эти объекты интерпретации могут модифицироваться в случае изменения границ фрагментов параллельных текстов. Структурный элемент знаний эксперта-лингвиста, соответствующий такому объекту интерпретации, представляет собой смысловое содержание (концепт) трудности перевода с русского языка, присутствующей в паре фрагментов параллельных текстов.

#### *НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ*

Исследования процессов формирования новых знаний традиционно относились к экономике, в рамках которой использовались и до сих пор используются качественные модели разных видов технологий «мозгового штурма». Необходимость в количественных моделях стала тем фактором, который сделал доминирующей информационно-компьютерную

составляющую этих исследований. Ее роль и значение рассматривались приглашенными экспертами при подготовке 7-й Рамочной программы ЕС в рамках семинара «Knowledge Anywhere Anytime: «The Social Life of Knowledge». Материалы этого семинара использовались при формировании перечня работ по ИКТ 7-й Рамочной программы ЕС.

В этих материалах отмечается, что исследование процессов, разработка методов и моделей формирования новых методов и моделей структуризации и представления знания являются актуальной проблематикой в XXI в. Участники семинара определили четыре направления этих исследований.

1. Формирование научного понимания того, как знание появляется, каким образом на этот процесс и его результаты влияет совместная деятельность, как формируется конвенциональное знание. Одна из задач этого направления заключается в том, чтобы создать методы и средства описания различий в личностном понимании участниками совместной деятельности смысла одного и того же текста, графика, диаграммы, изображения и т. д.

2. Исследование многообразия форм представления одних и тех же концептов как «квантов» ментального знания. Кроме форм представления конвенциональных и стабильных концептов, предметом исследования являются формы представления личностных и коллективных (согласованных) концептов. В рамках этого направления предполагается выполнение исследований процессов формирования конвенциональных концептов на основе личностных и коллективных концептов.

3. Создание нового поколения интеллектуальных информационных систем, которые должны обеспечить семантическую интероперабельность в процессе совместной работы пользователей этих систем.

Степень новизны интеллектуальных систем, поддерживающих процессы выявления и экспликации стадий генерации и эволюции нового знания, предлагается оценивать, сравнивая их с традиционными системами управления знаниями (*Knowledge Management Systems* — KMS), основанными на гипотезе стабильности ментального знания человека.

Согласно этой гипотезе в процессе создания и применения KMS можно не учитывать эволюцию во времени ментального знания, представленного в KMS.

4. Исследование принципиальных возможностей и средств влияния на процессы генерации новых или эволюции существующих систем знаний в процессе совместной деятельности коллективов специалистов. Наиболее актуальные вопросы этого направления исследований связаны с пространственно-распределенными коллективами специалистов, совместная деятельность которых обеспечивается сетевыми технологиями. В случае решения задач целенаправленной генерации ментального знания предполагается, что имеет место ситуация его неполноты, эта неполнота специфицирована, и перед коллективом специалистов поставлена задача уменьшения степени лакуарности существующих систем знаний.

Приведенный перечень из четырех направлений исследований говорит о том, что участники этого семинара придают ИКТ ключевую роль в решении проблем формирования новых и развития существующих систем знаний. При этом они существенно расширили границы предметной области представления знаний. Это расширение произошло в основном за счет вопросов генерации новых знаний и влияния на процессы генерации и эволюции систем знаний средствами ИКТ. Анализ материалов этого семинара позволяет сделать вывод о том, что предметная область, очерченная приглашенными экспертами, включает в дополнение к традиционным задачам представления знаний следующие три актуальных направления исследований:

1) генерация и компьютерное представление в цифровой электронной среде личностных и согласованных концептов как «квантов» ментального знания, формируемых пространственно-распределенными коллективами специалистов;

2) анализ и оценивание степени релевантности систем формируемых концептов социальным, экономическим, технологическим и другим общественно значимым потребностям, в интересах удовлетворения которых они формируются;

3) целенаправленное влияние с помощью ИКТ и когнитивных технологий на генерацию и эволюцию систем формируемых концептов, необходимых для удовлетворения общественно значимых потребностей.

В рамках первого направления исследования автором получены решения двух задач:

— концептуальное индексирование геоизображений как форм представления личностного ментального знания специалиста о геообъектах;

— генерация систем новых экспертных знаний, формируемых пространственно-распределенными коллективами специалистов в интересах обеспечения мониторинга программно-целевой деятельности.

В процессе решения этих задач были разработаны количественные модели процессов генерации и методы компьютерного кодирования личностных и согласованных концептов как структурных элементов систем экспертных знаний. Теоретические основания для создания этих моделей были построены в процессе развития подхода Горна к интеграции информационной и компьютерной наук (Gorn, 1983).

#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ

Разработанные автором теоретические основания для создания количественных моделей включают деление предметной области моделирования на среды (см. статью К. К. Колина «Структура реальности и философия информации» в этом номере журнала. — И. 3.); использование двух классов понятий (однородных по своей природе и двуединых); распределение однородных понятий по средам и двуединых понятий по границам между средами; использование двух взаимосвязанных стадий представления концептов в цифровой электронной среде в виде компьютерных кодов.

Приведем краткое описание перечисленных оснований, используя систему терминов из работ (Zatsman, 2012a, 2012b). В эту систему терминов включены два основных класса понятий: однородные по своей природе (знания, знаковая информация, цифровая информация, цифровые данные и компьютерные коды) и двуединые (семиотические знаки, формокоды и семокоды). В начале процесса построе-

ния теоретических оснований рассматривались следующие четыре среды (затем число сред было увеличено (Zatsman, 2013) и соответствующие им однородные понятия:

— *ментальная среда знаний человека*, которая включает выражаемые и невыражаемые (имплицитные) знания;

— *социально-коммуникационная среда*, к которой относятся отчужденные от человека сенсорно-воспринимаемые формы представления его знаний (знаковая информация);

— *материальная среда объектов и явлений*, на основе интерпретации которых человеком генерируются новые концепты знания, относящиеся к ментальной среде;

— *цифровая электронная среда*, к которой относятся цифровая информация, цифровые данные, компьютерные коды концептов и форм представления выраженных знаний.

Таким образом, каждое однородное по определению понятие было соотнесено только с одной из перечисленных четырех сред. После распределения однородных понятий по средам были описаны две последовательные стадии представления знаний в цифровой электронной среде в виде компьютерных кодов. Первая стадия представления знаний относится к границе между ментальной и социально-коммуникационной средами. Семиотические знаки как двуединые по своей природе понятия принадлежат именно этой границе, на которой осуществляется ассоциативное соотнесение концептов и форм их представления с использованием семиотических знаков.

Вторая стадия представления концептов как «квантов» ментального знания относится к границе между социально-коммуникационной и цифровой электронной средами. На этой границе используются таблицы компьютерного кодирования символов, необходимые для представления текстов в цифровой электронной среде. Эти таблицы принадлежат границе между этими средами. Для вербализуемых знаний последовательное использование сначала языковых знаковых систем в процессе генерации текстов, а затем таблиц компьютерного кодирования является традиционным способом представления концептов в цифровой электронной среде.

Важно отметить, что получились не две, а три границы между:

- ментальной средой знаний человека и социально-коммуникационной средой;
- социально-коммуникационной средой и цифровой электронной средой;
- ментальной средой знаний человека и цифровой электронной средой.

Определение двуединых понятий на третьей границе, которые в используемой системе терминов названы семокодами, дало возможность предложить методы компьютерного кодирования тех концептов, которые не имеют вербальных форм представления или имеют несколько разных форм их представления из-за асимметрии языковых знаковых систем.

Решение двух названных задач было найдено в результате использования и развития подхода Горна к определению информационно-компьютерной науки как единой области знания. Отметим, что при решении первой задачи (концептуальное индексирование геоизображений) использовались все четыре среды, а при решении второй (генерация систем экспертных знаний) — только три среды из четырех. Однако отсюда не следует, что при решении других задач для описания предметной области моделирования процессов формирования новых знаний всегда будет достаточно только этих четырех сред (Zatsman, 2013; Zatsman, Buntman, 2013).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для проверки реализуемости моделей, разработанных с использованием рассмотренных теоретических оснований, был создан лабораторный программный макет, с помощью которого эксперты могут выполнять следующие функции:

- описывать динамические объекты интерпретации, являющиеся источниками новых структурных элементов экспертных знаний, и хранить их описания в базе данных макета;
- выражать в виде дефиниций новые структурные элементы экспертных знаний, представляющие собой смысловую интерпретацию состояний динамически изменяемых объектов интерпретации;

- фиксировать изменения во времени объектов интерпретации и соответствующих им структурных элементов экспертных знаний;

- определять степень согласованности понимания динамически изменяемых объектов интерпретации между разными экспертами и изменения степени согласованности во времени.

Реализуемость компьютерного моделирования процессов создания и социализации экспертных знаний была продемонстрирована на действующем макете при решении задачи разработки новых индикаторов для мониторинга и оценивания программно-целевой деятельности в сфере науки (Zatsman, 2012a).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (BIBLIOGRAPHY)

Buntman, N., Minel, J.-L., Le Pesant, D., Zatsman, I. (2010) Typology and Computer Modeling of Translation Difficulties // *Informatics and Its Applications*. Vol. 4. № 3. P. 77–83.

Gorn, S. (1983) *Informatics (Computer and Information Science): Its Ideology, Methodology, and Sociology* // *The Study of Information: Interdisciplinary Messages* / ed. by F. Machlup, U. Mansfield. N. Y. : J. Wiley & Sons. P. 121–140.

Nonaka, I., Takeuchi, H. (1995) *The Knowledge-creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford ; N. Y. : Oxford University Press.

Nonaka, I. (1991) *The Knowledge-creating Company* // *Harvard Business Review*. Vol. 69. № 6. P. 96–104.

Ren, H., Tian, J., Nakamori, Y., Wierzbicki, A. P. (2007) *Electronic Support for Knowledge Creation in a Research Institute* // *Journal of Systems Science and Systems Engineering*. Vol. 16. № 2. P. 235–253.

Wierzbicki, A. P., Nakamori, Y. (2005) *Basic Dimensions of Creative Space* // *Creative Space: Models of Creative Processes for Knowledge Civilization Age* / ed. by A. P. Wierzbicki, Y. Nakamori. Berlin ; Heidelberg : Springer Verlag. P. 59–90.

Wierzbicki, A. P., Nakamori, Y. (2007) *Knowledge Sciences: Some New Developments* // *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*. Vol. 77. № 3. P. 271–296.

Zatsman, I. (2012a) *Denotatum-Based Models of Knowledge Creation for Monitoring and Evaluating R&D Program Implementation* // *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing*.

Los Alamitos, CA : IEEE Computer Society Press. P. 27–34.

Zatsman, I. (2012b) Tracing Emerging Meanings by Computer: Semiotic Framework // Proceedings of the 13th European Conference on Knowledge Management. Vol. 2. Reading : Academic Publishing International Limited. P. 1302–1311.

Zatsman, I. (2013) Information and Computer Science: Prerequisites of the Formation // Scientific and Technical Information Processing. Vol. 40. № 3 (in print).

Zatsman, I., Buntman, P. (2013) New Knowledge Creation by Collaborating Goal-Oriented Experts: Methodology and Models // Proceedings of the 14th European Conference on Knowledge Management. Reading : Academic Publishing International Limited (in print).

*Дата поступления: 27.05.2013 г.*

*THEORETICAL FOUNDATIONS  
FOR THE MODELING OF NEW KNOWLEDGE  
CREATION PROCESSES*

*I. M. Zatsman*

*(The Institute of Informatics Problems  
of the Russian Academy of Sciences)*

This is a paper presented at the Fifth International Conference on the Foundations of Information Science (FIS-2013) that took place at Moscow University for the Humanities on May 21–23, 2013. The author gives a summary description of theoretical foundations for the solution of the problem of computer modeling of new expert knowledge formation processes. This problem emerges in those situations when available systems of expert knowledge do not satisfy new socially significant purposes and social requirements.

Keywords: expert knowledge, methodological approaches, computer modeling.