

НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Серия 1. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКА
ИНФОРМАЦИОННОЙ РАБОТЫ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Издается с 1961 г.

№ 7

Москва 2013

ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

УДК 002:004

И.М. Зацман

Информационно-компьютерная наука: предпосылки становления

Сопоставляются подходы С. Горна и Ю. Шрейдера к интеграции информационной и компьютерной наук в интересах формирования единой области знания «информационно-компьютерная наука». Приводится описание характерных черт этой области знания, которая позиционируется как научная основа создания информационных технологий будущих поколений. Рассматриваются концептуальные и программные документы 7-й Рамочной программы Евросоюза, в которых обосновывается необходимость переосмысления теоретических основ создания новых информационных технологий. Предлагается один из возможных вариантов их переосмысления на основе идей Горна и Шрейдера.

Ключевые слова: *информационная наука, компьютерная наука, информатика как информационно-компьютерная наука, информационные технологии будущих поколений*

ВВЕДЕНИЕ

Фундаментальное переосмысление теоретических основ создания информационных и конвергентных технологий следующих поколений в XXI в. стало одной из ключевых предпосылок становления информационно-компьютерной науки как общенаучной области знания. Анализ опыта подготовки специалистов для

создания новых технологий, проведенный Марком Сниром, показал, что программа их обучения должна интегрировать дисциплины информационной и компьютерной наук [1]. Во второй половине XX в. необходимость их интеграции предвидели Сол Горн [2-7] и Юлий Шрейдер [8, 9]. Идеи Горна и Шрейдера в наше время оказались весьма востребованными. Об этом свидетельствуют рассматриваемые в настоящей статье

концептуальные и программные документы по созданию информационно-коммуникационных технологий следующих поколений [10-15], а также проблематика конвергентных технологий, включенная в 2011 г. в конкурс Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по ориентированным фундаментальным исследованиям. В настоящей статье предлагается один из возможных вариантов развития идей Горна и Шрейдера.

В апреле 2013 г. исполнилось 50 лет, как была опубликована статья Сола Горна «Информационно-компьютерные науки как новая фундаментальная область знаний» [2]. В течение 20 лет (1963-1983гг.) Горн опубликовал серию статей, в которых обосновывал необходимость преподавания комплекса дисциплин, относящихся к новой области знания, интегрирующей информационную и компьютерную науки. В 1963 г. Горн использовал множественное число для названия этой области знания - информационно-компьютерные науки. Единственное число появилось в 1982 г. в названии его статьи «Информатика как информационно-компьютерная наука: ее идеология, методология и социальные аспекты», т.е. через 20 лет после публикации первой работы из этой серии [6]. Пятьдесят лет назад Горн рассматривал результат интеграции информационной и компьютерной наук как новую фундаментальную науку, что нашло отражение в названии его первой работы – «a new basic discipline» [2].

Другой подход к определению информатики как информационно-компьютерной науки и единой области знания был предложен Ю.А. Шрейдером [8, 9]. Его результаты были получены независимо от Горна, но идейно их подходы во многом весьма близки. В статье Шрейдера «Информация и знание» говорится, что не существует двух информатик (информационная наука и компьютерная наука), а есть два облика информатики. Первый из них (информационная наука) дополнительно нагружен представлениями о традиционном информационном обслуживании специалистов-ученых и инженеров в области их профессиональных интересов. Второй облик (компьютерная наука) неправомерно искажен чисто программистскими проблемами, не специфичными для информатики. Специфические же проблемы информатики оказываются там, где возникают задачи информационного представления знаний в форме, удобной для обработки, передачи и творческого реконструирования знаний в результате усилий пользователя [9, с. 51].

Идеи Горна и Шрейдера, краткому обзору которых посвящен второй раздел настоящей статьи, были практически полностью преданы забвению. Более подробное описание их подходов можно найти в работах [16, 17], материалы которых использованы в нашей статье. Идеи Горна и Шрейдера стали возрождаться в начале XXI в. Аналогичные подходы стали заново формулироваться в редуцированной форме и предлагаться как теоретическая основа для разработки новых информационных и конвергентных технологий. При этом работы основоположников фундаментальных подходов к описанию информатики как информационно-компьютерной науки, как правило,

не упоминаются. Третий раздел нашей статьи содержит пример редуцированного подхода к интеграции компьютерной и информационной наук.

В четвертом разделе статьи рассматривается актуальная проблематика целенаправленной генерации новых систем знаний. Анализируются результаты моделирования и экспериментов по созданию информационных технологий, обеспечивающих генерацию новых систем экспертных знаний. Эти результаты были получены на основе подходов Горна и Шрейдера. Модели, разработанные на основе их идей, дали возможность описать процессы генерации и эволюции экспертных знаний в динамике их формирования [18].

ГОРН И ШРЕЙДЕР ОБ ИНФОРМАТИКЕ КАК ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНОЙ НАУКЕ

Уже в 1963 г. Горн перечислил ряд вопросов, которые относятся к информационно-компьютерной науке: «Примерами основных вопросов исследования в этой области могут быть системы программирования, проектирование компьютерных систем, искусственный интеллект, информационный поиск и т.д. Вероятностная теория информации Шеннона определенно принадлежит к этой области знания, но помимо нее существует теория компьютерной информации и процессов ее обработки, которую также необходимо включить в предметную область этой науки. Одним из центральных вопросов этой новой науки, скорее всего, станет анализ и синтез машинных языков и процессов их обработки» [2, с. 150].

После перечисления направлений исследований, Горн рассматривает информационно-компьютерную науку как учебную дисциплину. Он сопоставляет новую область знаний с другими дисциплинами с точки зрения образовательного процесса и формулирует следующие вопросы. Каким образом студент может узнать, относится ли сфера его интересов именно к этой новой области знания, а не к одной из уже устоявшихся дисциплин? Какое ему необходимо образование для того, чтобы углубиться в эту новую область знания? Горн рассматривает вопросы преподавания, отталкиваясь в своих рассуждениях от прагматических аспектов исследований:

«Студент, изучающий численный анализ, в процессе разработки или анализа какого-либо алгоритма позиционирует себя как математик в том случае, если его единственный прагматический интерес заключается в доказательстве существования алгоритма или определения его теоретической точности. Если он позиционирует себя как будущий специалист в области информационно-компьютерной науки, то он рассматривает этот алгоритм с точки зрения его реализации и обработки процессором, т.е. он интересуется эффективностью работы этого алгоритма, временными затратами, распределением памяти и т.д.

Аналогично, студент, изучающий процедуру адаптивного управления, описывающую поведение животного в некоторой ситуации, позиционирует себя как биолог в том случае, если его главной задачей является выяснение того, обладает ли он хорошей

моделью поведения этого животного. Если его интересует проблема искусственного интеллекта, как одного из направлений информационно-компьютерной науки, то он интересуется применимостью этой процедуры независимо от того, является ли она моделью поведения животного или не является.

Студент, занимающийся грамматикой, мыслит себя как лингвист в том случае, если его больше всего интересует, действительно ли изучаемый естественный язык работает так, а не иначе. Однако он думает как будущий ученый в области информационно-компьютерной науки в том случае, если его занимает вопрос, каким образом можно использовать эту грамматику в информационных системах. Лингвист может рассматривать механизм стековой памяти, но с глубиной не более семи уровней из-за ограниченных возможностей локальной памяти человека, но для решения информационно-компьютерных задач такой глубины может оказаться недостаточно» [2, с. 154].

Рассмотрев эти вопросы, Горн приводит перечень дисциплин, которые должны преподаваться студентам, изучающим информационно-компьютерную науку, включая математику, физику, философию, лингвистику, психологию, вычислительную технику и компьютерное программирование. Предложенный им подход к изучению информационно-компьютерной науки уже тогда начал опробоваться в Пенсильванском университете. Через двадцать лет, в 1983 г., когда уже накопился опыт ее преподавания, Горн пишет, что его понимание концепции информационно-компьютерной науки заключается в том, что эта область знания не является ветвью математики, так как она должна соотносить себя с прагматическими вопросами, от которых математика не должна зависеть [7, с. 137].

Статья Горна 1983 г. начинается с фразы: «Позвольте мне, прежде всего, выбрать более короткое название, чем информационно-компьютерная наука. Я выбираю термин «информатика», созвучный французскому *Informatique* и немецкому *Informatik*. Он несет в себе идею информации, а оканчивается так же, как и математика, подразумевая формализованную теорию. Плохо то, что при использовании слова «информатика» теряется компьютерная составляющая в названии, и кроме того, оно не вызывает ассоциаций с какой-либо экспериментальной основой» [7, с. 121].

Используя в 1983 г. термин «информатика», Горн подразумевает под ним именно информационно-компьютерную науку. Прежде чем сделать свой главный вывод о необходимости единой области знания, он обращается к ее истокам:

«Все, что я до сих пор говорил о вычислениях, является ориентированным на практическую деятельность и связано с компьютером. Но сама теория вычислений уже сформировалась и существовала к тому времени, когда появились цифровые компьютеры. /.../ Специалисты в области символической логики уже исследовали логические пределы вычислений; была описана универсальная машина Тьюринга и доказана неразрешимость проблемы останковки; Гедель продемонстрировал пределы формализма при помощи своих теорем о неразрешимости; Черч, Клини и Карри проанализировали вычисления в теории рекурсивных функций и комбинаторной логике; Туэ и

Пост, а в более позднее время Марков, рассмотрели вычисления с синтаксической точки зрения. /.../ когда появились компьютеры, обсуждение лингвистических вопросов Ноамом Хомским происходило в компьютерных терминах /.../ В результате этих новых разработок появились описания лингвистических аспектов программирования, математическая теория автоматов и формальные языки. Эти результаты, в свою очередь, повлияли на разработки языков программирования и проектирование вычислительных машин. /.../ Теперь под информатикой мы понимаем нечто, связанное с синтезом и анализом символьных выражений, а также синтез и анализ процессоров, которые интерпретируют, транслируют и обрабатывают такие выражения. Если говорить более прозаично, то информатика занимается изучением, проектированием и использованием структур данных и их обработкой» [7, с. 131].

Главный вывод Горна, которым он завершает статью 1983 г., состоит в следующем: «...нам не следует отделять компьютерную науку от информационной науки, а следует пытаться отстаивать единую область знания – информатику. Любая попытка поощрить разделение /.../ повлечет за собой отделение практики от знаний /.../ Такое разделение будет причиной прекращения деятельного кипения, которое поддерживается сплавом знаний и практической деятельности ...» [7, с. 139-140].

В 1988 г., т.е. через пять лет после публикации 1983 г., которая завершает серию статей Горна, независимо от него идейно близкий подход был предложен Ю.А. Шрейдером. В своей статье **[Ошибка! Закладка не определена.]** он формулирует ряд положений парадигмы информатики:

«...информация есть общественное достояние, она в принципе социальна, в то время как знание, вообще говоря, соотносено с конкретной личностью, с тем, кто им владеет и непосредственно пользуется. /.../ Информация должна пройти через "когнитивный экран" тех, для кого она представляет ценность. Так возникает необходимость считаться не только с существованием мира объективированного социализированного знания, т.е. информации как превращенной формы знания, но и с феноменом личностного знания. /.../ Тождественность информации и знания при этом исключается, но информация как превращенная форма знания сохраняет следы своего происхождения. /.../ Наиболее принципиальные вопросы информатики всегда возникали на стыке информации и знания, там, где речь шла о превращении одного в другое». Далее Шрейдер пишет о пропасти, разделяющей *информацию и знания как сущности разной природы* (выделено мной – ИЗ) [9, с. 50-51].

В этой же статье Шрейдер сопоставляет свой подход к определению понятий «информация» и «знание» с подходом Б. Брукса [19]. Он описал суть подхода Брукса следующим образом:

«Фактически на позиции признания *тождества информации и знания* (выделено мной. – И.З.) как сущностей стоит Б. Брукс, построивший основания традиционной информатики (информационной науки) на базе концепции "третьего мира" [Карла Поппера

[20]]. Он определяет информацию как приращение знаний» [9, с. 49].

В этой же работе Ю.А. Шрейдер написал о том, как исторически сформировалась концепция А.И. Михайлова, А.И. Черного и Р.С. Гиляревского об информатике как науке, изучающей информацию, связанную со знаниями, а не с управляющими сигналами [21].

Через пятьдесят лет после публикации первой работы Горна [2] наблюдается следующий парадокс. С одной стороны, работы Горна, который предсказал необходимость становления новой области знания, редко упоминаются, что показано в таблице, которая с названиями статей Горна и числом их цитирований построена на основе данных Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com>).

С другой стороны, в наши дни предлагаются редуцированные решения по интеграции информационной и компьютерной наук, являющиеся частными случаями подходов Горна и Шрейдера. Ссылки на их работы, как правило, отсутствуют, что говорит о забвении их идей. Пример предлагаемых редуцированных подходов и описание новых проблем, которые могут быть отнесены к новой области знания, даны в следующих двух разделах настоящей статьи.

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В наши дни появляются новые направления исследований, которые могут оказать существенное влияние на процессы интеграции информационной и компьютерной наук. Например, в начале XXI в. стало формироваться комплексное направление исследований, получившее название «когнитивная информатика» [22-25]. Ее предметная область включает актуальные проблемы на стыке когнитивных, компьютерной и информационной наук. Если включить эти проблемы в предметную область информационно-компьютерной науки, то это окажет существенное

влияние на результаты построения ее теоретических оснований. Поэтому сначала необходимо уточнить границы новой области знания. В процессе уточнения этих границ были использованы следующие концептуальные и программные документы:

- аналитический отчет по вопросам обеспечения конкурентоспособности США в XXI в., подготовленный Консультативным комитетом по информационным технологиям при Президенте США [26] (информацию о содержании этого отчета на русском языке можно найти в работе [27]);
- описание приоритетных направлений исследований и разработок по информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ) 7-й Рамочной программы ЕС, принятой на период 2007-2013 гг.;
- описание ориентированных фундаментальных исследований конкурса РФФИ 2011 г. в части разработки фундаментальных основ создания конвергентных технологий.

Аналитический отчет

Основная идея аналитического отчета заключается в том, что конкурентоспособность США в XXI в. будет во многом определяться широко-масштабным применением новых информационных технологий во всех областях знания и сферах практической деятельности [26]. Согласно отчету для создания этих технологий потребуются дальнейшее развитие вычислительной отрасли в целом и информационно-компьютерной науки, в частности. В сфере научного познания информационные технологии представлены в отчете как составляющая триады «научная теория – научный эксперимент – информационные технологии, обеспечивающие моделирование и проведение экспериментов».

Таблица

Название статьи Горна	Год публикации статьи	Цитируемость по Web of Science (по данным на март 2012 г.)
The computer and information sciences: a new basic discipline	1963	16
The individual and political life of information systems	1965	2
Computer and information sciences and the community of disciplines	1967	53
The identification of the computer and information sciences: their fundamental semiotic concepts and relationships	1968	3
Informatics (computer and information science): its ideology, methodology, and sociology	1982 (первая журнальная публикация), 1983(вторая публикация)	12 (1 цитирование первой публикации, 11 - второй)

Предлагаемое в отчете определение вычислительной отрасли имеет следующий вид [26, с. 10]: «это быстро растущая мультидисциплинарная предметная область, в которой используются возможности передового компьютеринга (advanced computing) для понимания и решения сложных проблем и которая включает три компонента:

- алгоритмы (численные и нечисленные), программное обеспечение, разработанное для решения проблем естественных, гуманитарных и инженерных наук;

- *информационно-компьютерная наука* (выделено мной – ИЗ), которая разрабатывает и оптимизирует современные аппаратные, программные и сетевые средства, а также компоненты управления данными, которые необходимы для решения вычислительно сложных проблем;

- вычислительная инфраструктура, которая поддерживает решение научных и инженерных проблем, а также развитие информационно-компьютерной науки».

В этом определении используется словосочетание «информационно-компьютерная наука», с помощью которого идея интеграции была отражена С. Горном в серии его статей. В аналитическом отчете по вопросам обеспечения конкурентоспособности США информационно-компьютерная наука понимается как один из трех компонентов вычислительной отрасли. В отчете предметная область этой науки существенно редуцирована по сравнению с идеями Горна и Шрейдера. Ее предназначение определяется необходимостью решения вычислительно сложных проблем. Перефразируя Шрейдера, можно сказать, что в этом подходе облик информационно-компьютерной науки редуцирован из-за ориентации на вычислительно сложные проблемы.

Приоритетные направления исследований и разработок по информационно-коммуникационным технологиям

В документах 7-й Рамочной программы ЕС сформулировано восемь приоритетных направлений исследований и разработок, включая направление «Перспективные ИКТ» [10-15]. В этих документах констатируется необходимость фундаментального переосмысления теоретических оснований создания ИКТ следующих поколений. При этом термин «информационно-компьютерная наука» в явном виде не используется.

Цели проектов, финансируемых в рамках направления «Перспективные ИКТ», сформулированы следующим образом: «Своевременная идентификация и обоснование новых тематических направлений исследований и разработок, которые имеют большой научно-технический потенциал и могут стать основой для разработки ИКТ следующих поколений. Эти проекты должны включать междисциплинарные исследования новых и альтернативных подходов к разработке ИКТ будущего и быть нацеленными на *фундаментальное переосмысление системы теоретических, прикладных, методологических и технологических принципов, подходов и понятий* (выделено мной – И.З.), используемых сегодня в сфере ИКТ» [12, с. 54].

Цитируемый документ содержит описание нескольких конкурсных тем направления «Перспективные ИКТ», включая тему «ИКТ долговременного применения». В описании этой темы говорится о необходимости разработки новых подходов к генерации, представлению и сохранению личностных знаний человека, их интеграции в цифровой электронной среде и глобальному использованию, а также формулируются актуальные исследовательские проблемы [12, с. 57-63].

Приведем формулировки двух проблем, иллюстрирующих актуальность этих направлений исследований [12, с. 62-63]:

1) *разработать теоретические и прикладные основы создания долговечных систем*, способных к эволюции при минимизации затрат на их развитие в условиях многократной смены поколений программно-аппаратных и сетевых средств и/или форматов данных. Долговечные системы должны быть способны к сохранению своей первоначальной социально-значимой функциональности в течение долгого периода времени, а также должны быть способны изменяться в случае необходимости. Методы сохранения и изменения функциональных возможностей должны быть компьютерно-независимыми и обеспечивать устойчивую эволюцию долговечных систем;

2) *разработать новые подходы к представлению и сохранению знания*, ориентированные на долговременный и безотказный к ним доступ в условиях локальной генерации отдельных «квантов» знания, их интеграции, а также глобального использования систем представления и сохранения знания с учетом контекста и временной эволюции систем. Должна быть обеспечена долговременная устойчивость систем представления и сохранения знания в условиях многообразия их использования и эволюции семантики во времени.

Отметим, что в формулировке второй проблемы ключевыми терминами являются «знания» и «кванты знания», а термин «информация» отсутствует. Это отражает актуальность и прикладную востребованность в наши дни исследований процессов генерации и разработки методов компьютерного представления новых знаний в динамике их формирования. С точки зрения Шрейдера, эта проблематика относится к информатике как информационно-компьютерной науке, специфические проблемы которой оказываются там, где возникают задачи информационного представления знаний /.../ и творческого реконструирования знаний в результате усилий пользователя [9, с. 51].

Таким образом, в документах 7-й Рамочной программы ЕС сформулирована потребность в разработке теоретических оснований создания ИКТ будущих поколений, учитывающих следующие обстоятельства и ограничения:

- локальная генерация новых «квантов» знания, их интеграция и компьютерное представление новых знаний в динамике их формирования;

- глобальное использование систем представления и сохранения новых знаний с учетом контекста и временной эволюции [компьютерных] систем;

- эволюция семантики [форм и структур представления знаний человека] во времени.

Сформулируем ряд вопросов для того, чтобы детализировать перечисленные обстоятельства генерации новых знаний. На эти вопросы нужно ответить тем или иным образом в процессе построения теоретических оснований информационно-компьютерной науки. Ответы на эти вопросы необходимы для сравнительного анализа разных вариантов их построения.

Во-первых, допускают ли предлагаемые теоретические основания категоризацию ментальных знаний по степени их конвенциональности? Есть ли категория личностных ментальных знаний, которые их автором ни с кем не согласованы? Если ответ «да», то в результате каких процессов происходит преобразование личностных несогласованных ментальных знаний человека в коллективные (согласованные) и конвенциональные знания?

Во-вторых, определяются ли в явном виде источники и цели генерации новых и пополнения существующих систем знаний?

В-третьих, можно ли влиять на процессы генерации и эволюции систем знаний (сделать их целенаправленными)?

В-четвертых, допускают ли предлагаемые теоретические основания разделение ментальных знаний человека на имплицитные, которые не выражены в явном виде, и эксплицитованные знания?

Все четыре перечисленных вопроса являются ключевыми для описания теоретических оснований создания ИКТ следующих поколений, в частности, и парадигмы информационно-компьютерной науки, в целом.

Ориентированные фундаментальные исследования

В марте 2011 г. Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) провел конкурс ориентированных фундаментальных исследований по 23 междисциплинарным темам, включая тему «Фундаментальные основы конвергентных технологий» [28]. По всем 23 темам поступило 1137 заявок, из которых 468 получили гранты на выполнение проектов. По теме «Фундаментальные основы конвергентных технологий» поступило чуть более 40 заявок, из которых почти половина получила гранты на выполнение проектов, включая следующие [29, 30]:

- Исследование и разработка нейроморфных средств и сложных антропоморфных технических систем (модели восприятия информации, накопления знаний о среде и поведении путем обучения в реальном времени).

- Исследование ритмических кодов мыслительной деятельности и создание на этой основе модели когнитивного пространства человека и интерфейса мозг-компьютер высокого уровня (разработка технологии определения типа совершаемых в уме мысленных действий по рисунку электроэнцефалограммы; распределение ритмов мозга для отдельных видов мышления: пространственного, образного, вербально-логического и смешанных форм; количественная оценка расстояния между разными видами мышле-

ния с определением их координат на модели когнитивного пространства).

- Когнитивные основы конвергентной технологии распознавания речи (построение обучающего множества паттернов для технологии распознавания речи).

Названия и краткие аннотации позволяют получить первое представление о проблематике этих проектов по теме «Фундаментальные основы конвергентных технологий». В них рассматриваются вопросы взаимодополняемости био-, нейро-, когнитивных технологий и их интеграции с ИКТ. В рамках этого конкурса РФФИ конвергенция технологий разных видов позиционируется как фактор формирования новой технологической базы цивилизации, основанной на воспроизведении систем и процессов живой природы в виде технических систем и технологических процессов [28-30], в том числе в виде информационно-компьютерных систем и технологий.

В XXI в. конвергенция технологий разных видов позиционируется как актуальная проблематика исследований. В частности, в ежегодных программных документах под названием «NSF Investments and Strategic Goals» Национального научного фонда (ННФ) США идея конвергенции технологий появилась в 2003 г. Важно отметить, что одно из приоритетных направлений исследований, финансируемых ННФ, имеет название «Computer and Information Science and Engineering» [31].

Исследования по конвергенции технологий направлены на решение крупных социальных задач, что отражено в самих названиях исследовательских программ, проектов, научных мероприятий и отчетных материалов. Так, отчет 2003 г. по проекту ННФ № CTS-0128860, подготовленный ведущими специалистами США по этой тематике, называется «Конвергенция технологий для улучшения работоспособности человека» [32], а аналитический отчет 2004 г., подготовленный ведущими специалистами Европейского союза – «Конвергенция технологий: построение будущего для европейских сообществ» [33].

РФФИ финансирует фундаментальные исследования в области интеграции ИКТ с био-, нейро- и когнитивными технологиями на конкурсной основе с 2011 г. Далее совокупность последних трех видов технологий кратко будем обозначать как когнитивные технологии. Создание фундаментальных основ их интеграции с ИКТ является сегодня актуальной тематикой. Как уже отмечалось, если эту тематику включить в предметную область информационно-компьютерной науки, то это окажет существенное влияние на построение теоретических оснований этой науки.

ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ СИСТЕМ ЗНАНИЙ

Исследования процессов генерации новых знаний традиционно относились к экономике, в рамках которой использовались и до сих пор используются качественные модели разных технологий «мозгового штурма» [34-40]. Необходимость в количественных моделях и функциональном симбиозе человека и компьютерной системы в интересах целенаправлен-

ной генерации новых знаний стали теми факторами, которые сделали доминирующей информационно-компьютерную компоненту этих исследований.

Роль и значение этой компоненты рассматривались приглашенными экспертами при подготовке 7-й Рамочной программы ЕС в рамках семинара «Knowledge Anywhere Anytime: “The Social Life of Knowledge”». Этот семинар состоялся 29–30 апреля 2004 г. в Брюсселе [15]. Материалы этого семинара использовались при формировании программ работ по ИКТ 7-й Рамочной программы ЕС [12–14].

В этих материалах отмечается, что исследование процессов, разработка методов и моделей формирования новых и развития существующих методов и моделей структуризации и представления знания является актуальной проблематикой в XXI в. Участники семинара определили следующие четыре актуальных направления этих исследований [15].

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.

В рамках третьего направления, помимо создания методов и средств поддержки семантической интероперабельности в интеллектуальных информационных системах, планируется исследовать вопросы выявления и экспликации стадий генерации и эволюции знания, представленного в виде классификационных систем, словарей, тезаурусов, онтологий и других моделей структуризации и представления знания. При этом не предполагается, что пользователи заранее будут владеть согласованной между ними системой терминов и единым пониманием принципов структуризации и представления знания.

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 [41]. 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.

В рамках этого направления предлагается исследовать, какими видами перспективных ИКТ и до какой степени можно оказывать влияние на процессы формирования новых знаний, отвечающих социально значимым потребностям и необходимым для получения запланированных результатов. По мнению экспертов, приглашенных на семинар «Knowledge Anywhere Anytime: “The Social Life of Knowledge”», возможность оказывать влияние на эти процессы является характерной чертой общества, основанного на знаниях.

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 [15]:

1) генерация и компьютерное представление в цифровой электронной среде¹ 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.

¹ Согласно ГОСТ Р 52292-2004, электронная среда – это среда технических устройств (аппаратных средств), функционирующих на основе физических законов и используемых в информационной технологии при обработке, хранении и передаче данных. В нашей статье цифровая электронная среда – это цифровые технические устройства (цифровые аппаратные средства) электронной среды.

В рамках первого направления исследований получены решения двух проблем:

- концептуальное индексирование геоизображений как форм представления личностного ментального знания специалиста о геообъектах [42];
- генерация систем новых экспертных знаний, формируемых пространственно-распределенными коллективами специалистов в интересах обеспечения мониторинга программно-целевой деятельности [18, 43].

В процессе решения этих проблем 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 подходов Горна и Шрейдера к интеграции информационной и компьютерной наук.

Теоретические основания интеграции включают: деление предметной области информационно-компьютерной науки на среды; 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 [42-44].

Приведем краткое описание перечисленных оснований интеграции информационной и компьютерной наук, используя систему терминов из работы [45]. 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 построения теоретических оснований рассматривались следующие четыре среды (затем число сред было увеличено) 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. Используя вышеупомянутое образное выражение Шрейдера [9, с. 50-51], можно сказать, что границы между этими средами являются той «пропастью», которая разделяет информацию, знания и другие однородные понятия.

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 границе², на которой осуществляется ассоциативное соотнесение концептов и форм их представления с использованием семиотических знаков.

Рисунок иллюстрирует ситуацию, когда в системе знаний человека может быть выделено несколько планов содержания в зависимости от числа тех языков или знаковых систем, которыми он владеет и которые использует для представления своих знаний в отчужденной форме. В используемой системе терминов такие формы по определению являются знаковой информацией. На рисунке изображено два плана содержания в ментальной среде (обозначены как А и Б), соответствующие двум разным знаковым системам.

Например, для описания одних и тех же знаний могут использоваться русский язык (план содержания А) и английский язык (план содержания Б). Тогда каждому из этих двух планов содержания, полученных в результате членения одной и той же системы знаний, будет соответствовать свой план выражения в социально-коммуникационной среде. Каждый план выражения на рисунке обозначен двумя книгами (две книги на русском языке и две книги их переводов на английский). Граница между ментальной и социально-коммуникационной средами обозначена штриховой линией. На этой границе устанавливаются ассоциативные связи между концептами ментальных знаний и текстами как отчужденными формами представления концептов в социально-коммуникационной среде.

Вторая стадия представления концептов как «квантов» ментального знания относится к границе между социально-коммуникационной и цифровой электронной средами (р1).

На этой границе используются таблицы компьютерного кодирования символов, необходимые для представления текстов в цифровой электронной среде. Эти таблицы принадлежат границе между этими средами (таблицы кодирования условно обозначены компьютером на р1). 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.

Р1 иллюстрирует ситуацию, когда текстам как вербальным формам представления знания ставятся в соответствие коды составляющих их символов. Важно отметить, что в процессе интеграции информационной науки с компьютерной наукой и формирования единой предметной области получились не две, а три границы между:

- ментальной средой знаний человека и социально-коммуникационной средой (на р1 обозначена как интерфейс № 1);

² Здесь использована диадическая модель знака.

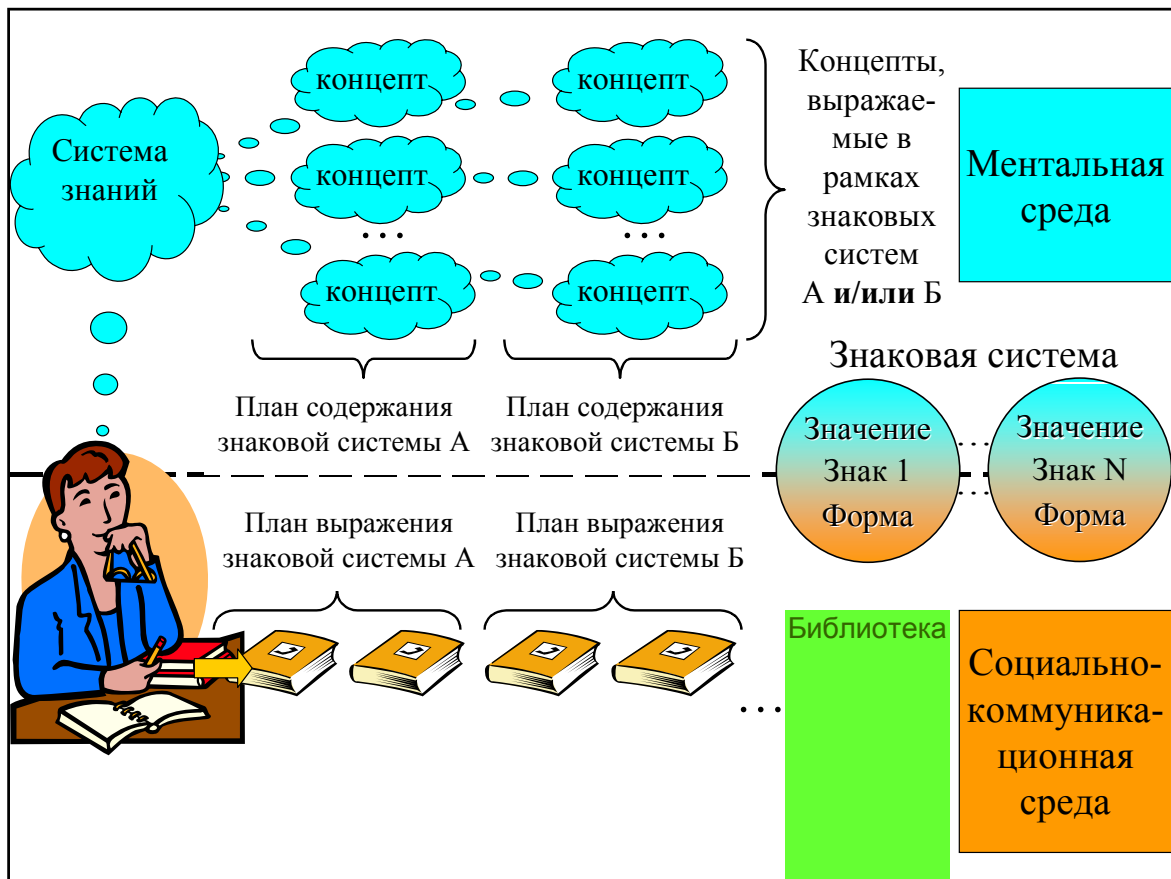


Рис. 1. Две среды, планы содержания и выражения, знаки

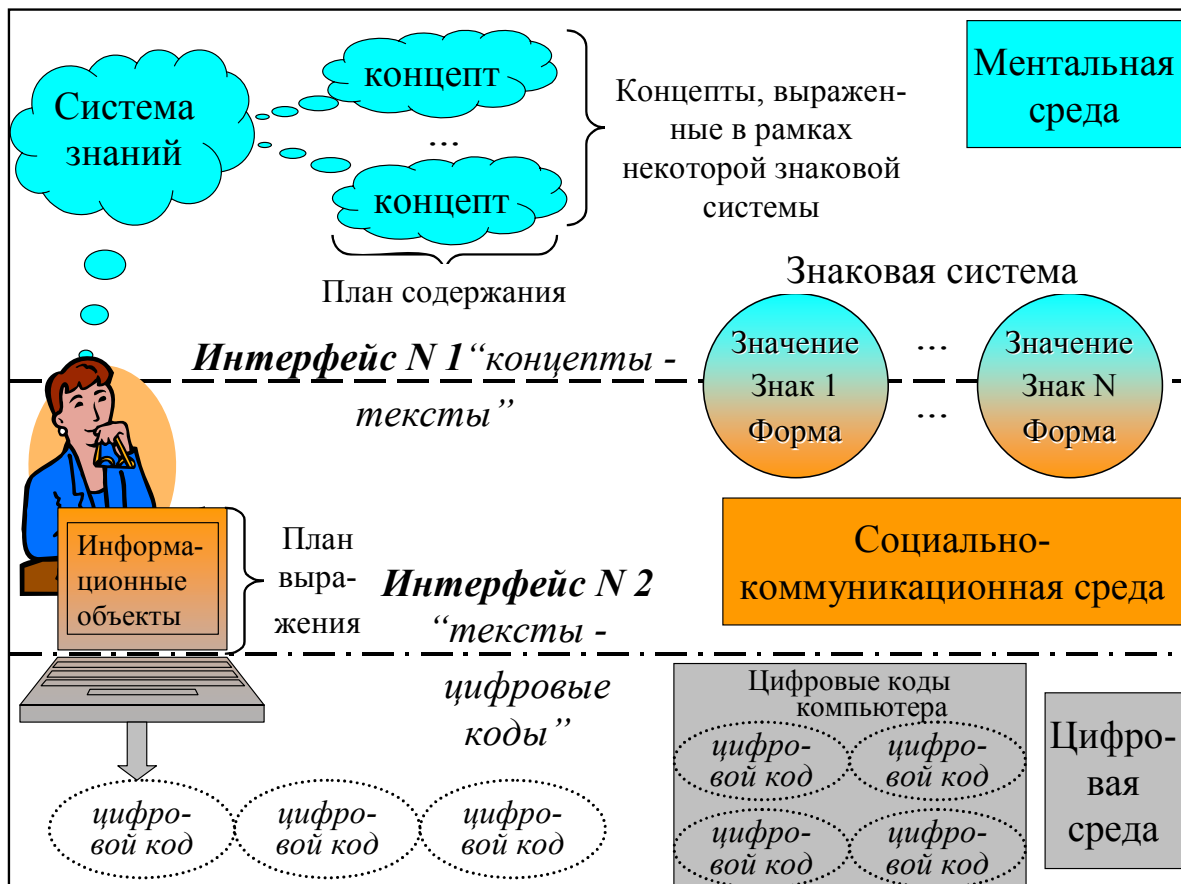


Рис. 2. Два интерфейса и две стадии представления концептов в виде цифровых кодов

- социально-коммуникационной средой и цифровой электронной средой (на p1 обозначена как интерфейс № 2);

- ментальной средой знаний человека и цифровой электронной средой (эта граница на p1 не показана).

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 знаковых систем [45].

Итак, решение двух названных нами проблем было найдено в результате использования и развития подходов Горна и Шрейдера к определению информационно-компьютерной науки как единой области знания. Отметим, что при решении первой проблемы (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 для описания предметной области информационно-компьютерной науки всегда будет достаточно именно этих четырех сред.

Например, в задачах нейроинформатики необходимо включать в рассмотрение совокупность объектов других четырех сред: ментальной, социально-коммуникационной, цифровой электронной и нейрофизиологической [46] (нейробиологической [47]). Соответственно, объекты исследования предметной области нейроинформатики могут, в общем случае, принадлежать этим четырем средам. Кроме того, в процессе исследования могут использоваться понятия, принадлежащие следующим шести границам между:

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

Для первой границы традиционным примером таких понятий являются семиотические знаки. Для второй и третьей границ аналогичные понятия – формокод и семокод – были определены в монографии [45]. В настоящее время актуальным является вопрос, как определить аналогичные двуединые понятия для оставшихся трех границ.

Если в задачах нейроинформатики дополнительно необходимо учитывать среду материальных объектов и явлений (внешних по отношению к человеку), то число сред ее предметной области возрастает до пяти. В настоящее время отсутствует общее описание средового деления предметной области информационно-компьютерной науки, учитывающее другие ее отраслевые составляющие: геоинформатику, когнитивную информатику, биоинформатику и т.д. Это не позволяет сегодня определить общее число сред, ко-

торые охватывает предметная область информационно-компьютерной науки. Однако, если к пяти упомянутым средам добавить аналоговую электронную среду, рассмотренную в монографии [45], то можно предположить, что общее число ее сред окажется не меньше шести.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фундаментальное переосмысление системы теоретических, прикладных, методологических и технологических принципов, подходов и понятий, используемых сегодня в сфере разработки ИКТ и их интеграции с когнитивными технологиями [31-33], стало ключевой предпосылкой становления информационно-компьютерной науки как общенаучной области знания. В настоящее время осознана и эксплицирована (с научной, технологической и образовательной позиций) потребность в построении ее теоретических оснований как фундаментальной науки [1, 10-15, 26]. Самые первые подходы к описанию информационно-компьютерной науки были предложены Горном и Шрейдером. В развитие их идей нами предложен один из возможных подходов к построению ее теоретических оснований [18, 42-45].

Предлагаемый подход включает: деление предметной области информационно-компьютерной науки на среды; 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.

В предлагаемом подходе однородные понятия могут принадлежать, как минимум, к шести разным средам: ментальной, социально-коммуникационной, цифровой электронной, аналоговой электронной, нейрофизиологической (нейробиологической), а также к среде материальных объектов и явлений, внешних по отношению к человеку. Предметные области других областей знания редко включают подобное разнообразие сред и, соответственно, разнообразие природы объектов исследования. Исключение составляет семиотика. В семиотическом треугольнике Фреге денотат является одной из его вершин и может быть любой природы (ментальной, социально-коммуникационной, цифровой электронной, нейрофизиологической и т.д.). Если задачей семиотики является изучение знаков и знаковых систем, используемых во всех областях знания, но *только на одной границе* между ментальной средой и социально-коммуникационной средой, то задачей информационно-компьютерной науки – создание теоретических основ разработки ИКТ для всех областей знания и широкого спектра сфер практической деятельности. При этом ИКТ будущих поколений смогут охватывать однородные сущности пяти и более сред, а также двуединые сущности на *нескольких границах* между ними.

Изучение столь широкого спектра однородных и двуединых сущностей позволяет говорить об особой роли информационно-компьютерной науки в системе научного познания. С одной стороны, трудно опре-

делить место для этой области знания в рамках классической парадигмы «двух культур» – естественных и гуманитарных наук [48]. С другой стороны, разнообразие сред и природы объектов исследования позволяет выдвинуть гипотезу о становлении информационно-компьютерной науки как «третьей культуры» [49], способствующей фундаментальному переосмыслению и гармонизации взаимосвязей естественных и гуманитарных наук.

Предлагаемое развитие идей Горна и Шрейдера является одним из возможных вариантов построения теоретических оснований информационно-компьютерной науки. Разумеется, могут быть предложены и другие варианты описания ее оснований. Разработка и сопоставительный анализ разных вариантов построения теоретических оснований представляют собой современную стадию становления информационно-компьютерной науки как общенаучной области знания, и, возможно, как «третьей культуры».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Snir M. Computer and information science and engineering: one discipline, many specialties // *Communication of the ACM*, March 2011. – P. 38–43.
2. Gorn S. The computer and information sciences: a new basic discipline // *SIAM Review*. – 1963. – Vol. 5, № 2. April, – P. 150–155.
3. Gorn S. The individual and political life of information systems. In: *Proc. Symposium on Education for Information Science*. – New York: Spartan Books, 1965. – P. 33–40.
4. Gorn S. Computer and information sciences and the community of disciplines // *Behavioral science*. – 1967. – Vol. 12, № 6. November. – P. 433–452.
5. Gorn S. The identification of the computer and information sciences: their fundamental semiotic concepts and relationships // *Foundations of language*. – 1968. – Vol. 4, № 4. November. – P. 339–372.
6. Gorn S. Informatics (computer and information science): its ideology, methodology, and sociology // *Knowledge: Creation, Diffusion, Utilization*. – 1982. – Vol. 4, № 2. – P. 173–198.
7. Gorn S. Informatics (computer and information science): its ideology, methodology, and sociology. In: *The studies of information: Interdisciplinary messages* / ed. by F. Machlup, U. Mansfield. – New York: Wiley, 1983. – P. 121–140.
8. Шрейдер Ю.А. ЭВМ как средство представления знаний // *Природа*. – 1986. – № 10. – С. 14–22.
9. Шрейдер Ю.А. Информация и знание. В кн. *Системная концепция информационных процессов*. – М.: ВНИИСИ, 1988. – С. 47–52.
10. Decision No 1982/2006/EC of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Seventh Framework Programme of the European Community for research, technological development and demonstration activities (2007-2013) // *Official Journal of the European Union L412* 30.12.2006. – P. 1–41.
11. CORDIS ICT Programme Home. – URL: http://cordis.europa.eu/fp7/ict/programme/home_en.html (состояние страницы на 23.05.2011).
12. ICT FP7 Work Programme 2007-08. – URL: ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ict-wp-2007-08_en.pdf (состояние файла на 23.05.2011).
13. ICT FP7 Work Programme 2009-10. – URL: ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ict-wp-2009-10_en.pdf (состояние файла на 23.05.2011).
14. ICT FP7 Work Programme 2011-12. – URL: ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/ict/docs/ict-wp-2011-12_en.pdf (состояние файла на 23.05.2011).
15. FP7 Exploratory Workshop 4 «Knowledge Anywhere Anytime». – URL: http://cordis.europa.eu/ist/directorate/f/f_ws4.htm (состояние страницы на 23.05.2011).
16. Зацман И.М., Кожунова О.С. Предпосылки конвергенции компьютерной и информационной наук // *Системы и средства информатики: спец. вып. Научно-методологические проблемы информатики*. – М.: ИПИ РАН, 2006. – С. 112–139.
17. Зацман И.М., Кожунова О.С. Предпосылки и факторы конвергенции информационной и компьютерной наук // *Информатика и ее применение*. – 2008. – Том 2, вып. 1. – С. 77–98.
18. Зацман И.М. Основы компьютерного представления экспертных знаний для мониторинга программно-целевой деятельности. Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – М.: ИПИ РАН, 2011. – 50 с. – URL: http://www.ipiran.ru/announce/avto_2011_Zatsman.doc.
19. Brookes B.C. The foundations of information science. Part I. Philosophical aspects // *Journal of Information Science*. – 1980. – № 2. – P. 125–133.
20. Поппер К.Р. Объективное знание. Эволюционный подход / пер. с англ. Д.Г. Лахути; отв. ред. В.Н. Садовский. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 384 с.
21. Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С. Основы информатики. – М.: Наука, 1968.
22. Bryant A. Cognitive Informatics, Distributed Representation and Embodiment // *Brain and Mind*. – 2003. – Vol. 4, № 2. – P. 215–228.
23. Wang Y., Kinsner W. Recent Advances in Cognitive Informatics // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics (Part C)*. – 2006. – Vol. 36, № 2. – P. 121–123.
24. Wang Y. The theoretical framework of cognitive informatics // *International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence*. – 2007. – Vol. 1, № 1. – P. 1–27.
25. Wang Y., Widrow B., Zhang B., Kinsner W., Sugawara K., Sun F., Lu J., Weise T.,

- Zhang D. Perspectives on the Field of Cognitive Informatics and Its Future Development // International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence. – 2011. – Vol. 5, № 1. – P. 1–17.
26. Computational Science: Ensuring America's Competitiveness. Report to the President. – Arlington, VA: National Coordination Office for Information Technology Research and Development, 2005.
 27. Колин К.К. Новая стратегическая компьютерная инициатива США и задачи России в области развития фундаментальной информатики // Информационные технологии. – 2006. – № 7. – С. 2–5.
 28. Аннотация и рубрикатор темы «Фундаментальные основы конвергентных технологий» в конкурсе РФФИ ориентированных фундаментальных исследований по актуальным междисциплинарным темам 2011 года. – URL: <http://www.rfbr.ru/rffi/getimage/20>. Фундаментальные основы конвергентных технологий.pdf?objectId=31173.
 29. Мысяков Д. Практика широкого формата (интервью с П. Пашининым) // Газета Поиск». – 2012. – № 12(1190). – С. 6–7.
 30. Список проектов конкурса "ОФИ-М-2011", получивших финансовую поддержку РФФИ. – URL: <http://www.rfbr.ru/rffi/getimage?objectId=38202>.
 31. The National Science Foundation's FY 2003 funding request to Congress. – URL: <http://www.nsf.gov/about/budget/fy2003/goals.htm>.
 32. Converging technologies for improving human performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science. U.S. National Science Foundation / eds. M. Roco, W.S. Bainbridge. – Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. – 482 p.
 33. Converging technologies - shaping the future of European societies. A report from the high level expert group on "foresighting the new technology wave" / ed. By A. Nordmann. – Brussels: European Communities, 2004. – 68 p.
 34. Nonaka I. The knowledge-creating company // Harvard Business Review. – 1991. – Vol. 69, № 6. – P. 96–104.
 35. Nonaka I., Takeuchi H. The knowledge-creating company. – Oxford; N.Y.: Oxford University Press, 1995 (перевод на русский язык: Нонака И., Такеучи Х. Компания – создатель знания. – М.: ЗАО «Олимп-бизнес», 2003).
 36. Knowledge emergence / ed. by I. Nonaka and T. Nishiguchi. – Oxford; N.Y.: Oxford University Press, 2001.
 37. Wierzbicki A.P., Nakamori Y. Basic Dimensions of Creative Space. In: Creative space: Models of Creative Processes for Knowledge Civilization Age / eds by A.P. Wierzbicki, Y. Nakamori. – Springer Verlag: Berlin-Heidelberg, 2006. – P. 59-90.
 38. Wierzbicki A.P., Nakamori Y. Knowledge sciences: Some new developments // Zeitschrift für Betriebswirtschaft. – 2007. – Vol. 77, № 3. – P. 271–295.
 39. Wierzbicki A.P., Nakamori Y. The importance of multimedia principle and emergence principle for the knowledge civilisation age // Journal of Systems Science and Systems Engineering. – 2008. – Vol. 17, № 3. – P. 297–318.
 40. Yamashita Y., Nakamori Y., Wierzbicki A.P. Knowledge synthesis in technology development // Journal of Systems Science and Systems Engineering. – 2009. – Vol. 18, № 2. – P. 184–202.
 41. Мамардашвили М.К. Классический и неклассический идеалы рациональности. – М.: Издательство «Логос», 2004. – 240 с.
 42. Зацман И. М. Семиотическая модель взаимосвязей концептов, информационных объектов и компьютерных кодов // Информатика и ее применение. – 2009. – Том 3. Вып. 2. – С. 65–81.
 43. Зацман И. М. Нестационарная семиотическая модель компьютерного кодирования концептов, информационных объектов и денотатов // Информатика и ее применение. – 2009. – Том 3. Вып. 4. – С. 87–101.
 44. Зацман И.М., Косарик В.В., Курчавова О.А. Задачи представления личностных и коллективных концептов в цифровой среде // Информатика и ее применение. – 2008. – Том 2. Вып. 3. – С. 54-69.
 45. Зацман И.М. Концептуальный поиск и качество информации. – М.: Наука, 2003. – 271 с.
 46. Shepard R.N. Perceptual-Cognitive Universals as Reflections of the World // Behavioral and Brain Sciences. – 2001. – Vol. 24, № 3. – P. 581–601.
 47. Каменская М.А. Понятие «информация» в контексте молекулярно-клеточной биологии // Научная и техническая информация. Сер. 1. – 2012. – № 6. – С. 4-17.
 48. Сноу Ч.П. Две культуры. – М.: Прогресс, 1973.
 49. Snow C.P. The Two Cultures: A Second Look. – Cambridge: Cambridge University Press, 1963.

Материал поступил в редакцию 11.02.13.

Сведения об авторе

ЗАЦМАН Игорь Моисеевич - доктор технических наук, зав. Отделом Института промышленной информатики РАН
E-mail: izatsman@yandex.ru