

# НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Серия 1. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКА  
ИНФОРМАЦИОННОЙ РАБОТЫ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Издается с 1961 г.

№ 11

Москва 2014

## ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

УДК 002 : 004

И.М. Зацман

### Таблица интерфейсов информатики как информационно-компьютерной науки\*

*Суть статьи - развитие подходов С. Горна и Ю. Шрейдера к интеграции информационной и компьютерной наук, чтобы сформировать информатику как концептуально единую информационно-компьютерную отрасль или группу отраслей науки. Цель интеграции состоит в том, чтобы информатика стала теоретическим фундаментом создания новых информационно-коммуникационных и конвергентных технологий, а также прогнозирования **возможностей** их будущих поколений. Для продуктивной реализации прогностической функции в статье строится таблица интерфейсов информатики как информационно-компьютерной науки. По определению диагональные ячейки этой таблицы предназначены для описания объектов предметной области информатики, остальные её ячейки – для интерфейсов между объектами. Таблица содержит ячейки для уже известных интерфейсов, например присущих человеко-машинному взаимодействию. В ней есть пустые или частично заполненные ячейки для теоретически возможных, но пока неизученных объектов и неописанных интерфейсов как информатики, так и других отраслей науки, применяющих информационно-коммуникационные и конвергентные технологии.*

**Ключевые слова:** таблица интерфейсов информатики, информационная наука, компьютерная наука, информатика как информационно-компьютерная отрасль науки, парадигма информатики, информационно-коммуникационные и конвергентные технологии

## ВВЕДЕНИЕ

Термины «информатика», «информационно-компьютерная отрасль науки» и «информационно-компьютерная наука (ИКН)» в настоящей статье являются синонимами, объемы значений которых совпадают. Основная идея этой статьи заключается в обосновании необходимости и возможности построения парадигмы информатики, интегрирующей информационную науку [1-3] и компьютерную науку [4, 5], таким образом, чтобы не только объяснять существующие информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), которые мы уже используем или проектируем, но и помогать прогнозировать появление технологий будущих поколений.

В начале XXI в. фундаментальное переосмысление теоретических основ создания ИКТ стало одной из ключевых предпосылок становления информатики как информационно-компьютерной науки [6, 7]. Сопоставление целей и опыта подготовки специалистов в сфере ИКТ, проведенное Марком Сниром, показало, что теоретическая основа программ обучения таких специалистов должна интегрировать дисциплины информационной и компьютерной наук [8].

Во второй половине XX в. необходимость интеграции этих наук предвидели Сол Горн [9-12] и Юлий Шрейдер [13]. В работах [6, 7] был предложен один из возможных вариантов парадигмы информатики, основанный на развитии идей Горна и Шрейдера. Разумеется, могут быть предложены и другие варианты построения интегральной парадигмы информатики. Разработку и сопоставительный анализ разных ее вариантов можно рассматривать как современную стадию становления информатики как информационно-компьютерной науки.

Предлагаемый в статье вариант парадигмы находится на начальных стадиях развития и не претендует на завершенность. Полученные ранее результаты построения этой парадигмы (обозначим как первую стадию ее развития) включают [6, 7, 14-16]:

- принцип добавления сред и объектов в предметную область информатики, выделяемых из сферы материальных объектов и явлений;
- определение в каждой среде, как минимум, двух классов однородных по своей природе объектов, а также двойственных по природе (двуединых) сущностей на границах между средами;
- формулировку аксиомы герметичности каждой среды информатики относительно ее однородных объектов.

На первой стадии развития парадигмы информатики из сферы материальных объектов и явлений автором выделена цифровая среда, которая была добавлена к ментальной и социально-коммуникационной средам, традиционным для информацион-

ной науки [17]. После этого предметная область информатики как ИКН стала включать три среды, для каждой из которых были даны определения двух классов однородных по своей природе объектов (их названия указаны в скобках) [18]:

- *ментальная среда* (знания человека и ментальные образы данных);
- *социально-коммуникационная среда* (семантическая информация как отчужденная форма представления знаний человека и сенсорно-воспринимаемые человеком данные);
- *цифровая среда*, электронная и/или оптическая (цифровая информация и цифровые данные).

Деление в каждой среде однородных объектов на два класса основано на следующей дихотомии источников их генерации [19]:

- человек как генератор семантической (знаковой) информации, которой в компьютере соответствует цифровая информация;
- материальная сфера как источник сенсорно-воспринимаемых человеком данных, и технические системы как генераторы цифровых данных.

В работах [18, 20] классы объектов предметной области информатики, перечисленные в скобках после названий трех сред, делятся на подклассы, которые включают выражаемые и невыражаемые знания, личностные, коллективные и конвенциональные концепты знаний человека, категории компьютерных кодов концептов и форм представления выраженных знаний. Кроме определения однородных по своей природе объектов были даны определения двух новых пограничных двуединых сущностей, обеспечивающих интерфейсы между однородными объектами разных сред: формкоды и семокоды. При этом было показано, что интерфейс между концептами и семантической информацией обеспечивается, как правило, конвенциональными семиотическими знаками, определение которых заимствовано из семиотики, но в информатике для постановки и решения задач генерации новых знаний дополнительно применяются личностные и коллективные знаки, определение которых дано в работе [21].

В интегральной парадигме материальная сфера рассматривается только как источник сенсорно-воспринимаемых человеком данных или в контексте семантической интерпретации ее объектов и явлений, в процессе которой генерируются концепты как кванты знаний человека, относящиеся к ментальной среде. Предложенный в работах [6, 7] вариант парадигмы теоретически допускает возможность генерации концептов не только на основе интерпретации материальных объектов и явлений, но и на основе объектов любой из трех перечисленных сред. Экспериментально было показано [22], что источником новых знаний человека могут быть объекты цифровой среды, а именно, изменяемые во времени компьютерные программы и обрабатываемые ими данные. В настоящее время проводится серия аналогичных экспериментов, в которых источником новых концептов являются объекты социально-коммуникационной среды, в частности, изменяемые во времени фрагменты параллельных текстов на русском и французском языках [23, 24].

\* Работа выполнена в ИПИ РАН при частичной поддержке РФФИ, грант № 14-07-00785. Статья подготовлена на основе доклада автора «Допарадигмальная стадия становления информатики и "периодическая" таблица информационно-компьютерной науки» на семинаре «Классификация информационных наук, значение общей и теоретической информатики для высшего образования». Семинар состоялся в МИИГАиК 21.02.2014г.

Существенная особенность рассматриваемой парадигмы заключается в том, что каждая из трех сред представляется как замкнутая, т. е. ее однородные объекты обоих классов не могут пересекать границу своей среды и не существует объектов, принадлежащих одновременно двум или более средам. Эта особенность парадигмы была сформулирована в виде аксиомы герметичности сред информатики [7]. Перефразируя образное выражение Ю.А. Шрейдера [13, с. 50-51], можно сказать, что границы между средами являются той «пропастью», которая разделяет их однородные объекты (семантическую информацию, знания, цифровую информацию и др.).

Аксиому герметичности предполагается в будущем использовать как критерий корректности выделения каждой новой среды из сферы материальных объектов и явлений, начиная с цифровой. А именно, каждая новая среда должна быть замкнутой относительно однородных объектов всех определенных в ней классов.

Для трех перечисленных сред, их однородных объектов и двуединых сущностей в работе [20, с. 128] построен двумерный вариант таблицы интерфейсов (табл. 1)<sup>1</sup>. Диагональные ячейки (i, j) при i=j предназначены для названий сред и однородных объектов каждой среды, а остальные ее ячейки – для названий интерфейсов между однородными объектами и двуедиными сущностями, определенных в работах [14-16, 18, 20, 21, 25]<sup>2</sup>. Отметим, что двуединые сущ-

ности определены только для одного интерфейса из двух в каждой из этих ячеек.

В общем случае интерфейсы в симметричных относительно диагонали ячейках (i, j), при  $i \neq j$ , различаются между собой [25], т. е. по смыслу табл. 1 не является симметричной и поэтому названия интерфейсов в симметричных ячейках отличаются порядком слов.

На первой стадии построения парадигмы информатики рассматривались три среды, но одновременно было показано, что существуют примеры ИКТ, которые охватывают одновременно объекты 4-х и более сред. Например, в задачах нейроинформатики, в общем случае, необходимо рассматривать объекты 4-х сред: ментальной, социально-коммуникационной, цифровой и нейрофизиологической или нейробиологической (далее – нейросреда). Соответственно, расширяется число видов пограничных двуединых сущностей, принадлежащих границам между этими средами [6, 7].

Информационно-коммуникационные технологии будущих поколений смогут охватывать однородные объекты большего числа сред, чем 4. При этом максимальное число сред заранее неизвестно. Поэтому в данной статье предлагается такое развитие парадигмы информатики, которое не фиксирует число сред ее предметной области, но предусматривает увеличение их числа.

Таблица 1

Таблица интерфейсов для объектов трех сред предметной области информатики

i=1,2,3 – строки, j=1,2,3 – столбцы	1	2	3
1	Ментальная среда (ментальные образы данных, концепты знаний человека)	Ментальные образы данных → сенсорно-воспринимаемые данные, концепты → семантическая информация (семиотический знак)	Ментальные образы данных → цифровые данные, концепты → цифровая информация (семокод)
2	Сенсорно-воспринимаемые данные → ментальные образы данных, семантическая информация → концепты (семиотический знак)	Социально-коммуникационная среда (сенсорно-воспринимаемые данные, семантическая информация)	Сенсорно-воспринимаемые данные → цифровые данные, семантическая информация → цифровая информация (формокод)
	Цифровые данные → ментальные образы данных, цифровая информация → концепты (семокод)	Цифровые данные → сенсорно-воспринимаемые данные, цифровая информация → семантическая информация (формокод)	Цифровая среда (цифровые данные, цифровая информация)

<sup>1</sup> Табл. 1 отличается от ее начальной версии из работы [20], в частности, в начальной версии диагональные ячейки содержали только названия однородных объектов одного класса каждой среды без явного указания ее названия, а остальные ее ячейки – названия двуединых сущностей на границах без названий интерфейсов.

<sup>2</sup> В указанных работах определены следующие двуединые сущности: формокод, семокод, личностный и коллективный семиотические знаки. При этом в табл. 1 используется термин «семиотический знак», который является родовым (гиперонимом) для традиционного (конвенционального), личностного и коллективного семиотических знаков.

Основная цель статьи заключается в построении таблицы интерфейсов для N сред как обобщения ее варианта для трех сред из работы [20], что является основным результатом второй стадии развития предлагаемой мною парадигмы информатики.

## О НЕОБХОДИМОСТИ ПЕРЕСМОТРА ОСНОВАНИЙ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Если посмотреть номенклатуру научных работников [26], то специальности, в названиях которых есть слова «информатика», «компьютерный» или «информация» распределены не только по разным группам специальностей, но и по разным отраслям науки. В табл. 2 представлены только те специальности, в которых эти три слова указаны в явном виде, а не подразумеваются.

Специальности, перечисленные в табл. 2, по их шифрам разнесены по трем отраслям науки: биоло-

гические, технические и науки о Земле, кроме группы специальностей «Документальная информация», которая включена в группу отраслей «Искусствоведение и культурология».

В этой группе ученая степень присуждается по 4-м отраслям науки: исторические, педагогические, филологические и технические. Еще по 5-и отраслям науки присуждается ученая степень по остальным специальностям из табл. 2: геолого-минералогические, географические, физико-математические, биологические и медицинские.

Чтобы сформировать информатику как концептуально единую информационно-компьютерную отрасль науки, нужен новый подход, интегрирующий специальности из табл. 2. При этом необходим общий теоретический фундамент и для тех специальностей, которых сегодня нет в номенклатуре, таких как нейро- и ДНК-информатика, когнитивная, социальная, медицинская информатика и другие отраслевые специальности.

Таблица 2

Специальности, в названиях которых есть слова «информатика», «компьютерный» или «информация»

Шифр	Отрасль науки, группа специальностей, специальность	Отрасли науки, по которым присуждается ученая степень
1	2	3
03.01.09	Математическая биология, <i>биоинформатика</i>	Физико-математические Биологические Медицинские
05.01.01	Инженерная геометрия и <i>компьютерная</i> графика	Технические
05.13.00	<i>Информатика</i> , вычислительная техника и управление	
05.13.01	Системный анализ, управление и обработка <i>информации</i> (по отраслям)	Технические Физико-математические
05.13.11	Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и <i>компьютерных</i> сетей	Технические Физико-математические
05.13.15	Вычислительные машины, комплексы и <i>компьютерные</i> сети	Технические Физико-математические
05.13.17	Теоретические основы <i>информатики</i>	Технические Физико-математические Филологические
05.13.19	Методы и системы защиты <i>информации</i> , информационная безопасность	Технические Физико-математические
05.13.20	Квантовые методы обработки <i>информации</i>	Технические Физико-математические
05.25.00	<i>Документальная информация</i>	
25.00.35	<i>Геоинформатика</i>	Геолого-минералогические Географические Технические Физико-математические

Вариант формирования новой единой отрасли науки, основанный на идеях Сола Горна и Юлия Шрейдера, был предложен в работах [6, 7]. Эти идеи, впервые сформулированные более 50 лет назад<sup>3</sup> [9], оказались весьма востребованными в наши дни. Почему? Ответ на этот вопрос предложил Марк Смир, который опубликовал в 2011 г. статью, в названии которой он использовал словосочетание «Computer and information science and engineering». Смир утверждает, что быстрая эволюция ИКТ стимулирует периодический пересмотр теоретического фундамента их разработки и что сейчас настало время провести очередной пересмотр. Почему именно сейчас? Смир пишет, что раньше, когда с компьютерами имел дело ограниченный круг лиц, можно было рассчитывать на то, что те, кто профессионально общаются с компьютерами, могут к ним адаптироваться. В наши дни, когда значительно больше людей взаимодействуют с цифровыми устройствами и информационно-компьютерными системами, информационно-коммуникационные технологии *тесно вплетены во многие когнитивные и социальные процессы*. В этих условиях нельзя игнорировать эти процессы при создании ИКТ. Кроме того подобное вплетение является интересным объектом для исследований<sup>4</sup> [8].

Этот ответ Смита порождает два новых вопроса. Во-первых, когда состоялась и чем была мотивирована предыдущая стадия пересмотра основ разработки ИКТ? Во-вторых, почему на той стадии не были реализованы идеи Сола Горна и Юлия Шрейдера?

Ответ на первый вопрос можно найти в работах П.Деннинга, Г.Розенберга и Л.Кари, анализирующих основные этапы эволюции компьютерной науки [27-30]. Около 20 лет назад произошло ее возрождение, так как развитие многих отраслей науки стало определяться не только новыми теориями и проведением экспериментов, традиционных для каждой отрасли, но и разработкой и применением ИКТ в этих отраслях. Тогда принципиально изменилась роль информационно-коммуникационных технологий в процессе получения новых знаний. Они стали использоваться не только для вычислений, хранения и обработки данных, но и для моделирования разнообразных процессов и явлений в широком спектре отраслей науки.

Согласно П. Деннингу «первоначально центральным объектом изучения компьютерной науки были информационные процессы вычислительных систем. Затем ИКТ стали не только вычислительным инструментом, но начали оказывать существенное влия-

ние на методологию исследований и разработку методов получения и представления новых научных знаний в разных отраслях науки. <...> Изменение роли ИКТ в процессе получения новых знаний и описание информационных процессов, наблюдаемых в природе, стали двумя ключевыми внешними факторами возрождения компьютерной науки. <...> Спектр информационных процессов и явлений, наблюдаемых в природе и моделируемых методами компьютерной науки, существенно расширился и они стали включаться в ее предметную область [29]. Мы можем теперь сказать, что центральным объектом изучения компьютерной науки являются информационные процессы вычислительных систем, а также природных явлений [27]. Не только компьютерная наука имеет дело одновременно с естественными и вычислительными информационными процессами. Например, биологи изучают компьютерные модели трансляции ДНК, органической информационной памяти и генетически модифицированных организмов»<sup>5</sup> [30].

Согласно Г. Розенбергу «Мы должны будем пересмотреть понятие вычисления, которое должно охватить обработку и той информации, которая имеет место в природе. <...> Фактически, исследование естественных информационных процессов уже привело к пересмотру ряда парадигм, лежащих в основе традиционного понимания вычислительных процессов»<sup>6</sup> [28]. Когда Г. Розенберг пишет о традиционных вычислительных парадигмах, то он, как и П. Деннинг, говорящий о пересмотре понятия вычисления, исходит из того, что раньше центральным объектом изучения компьютерной науки были информационные процессы, связанные только с вычислительными системами [31].

Таким образом, предыдущая стадия пересмотра понятия вычисления и основ разработки ИКТ была вызвана экспериментальным исследованием более широкого спектра информационных процессов и явлений, наблюдаемых в природе и вычислительных системах.

Этот пересмотр произошел, в основном, в рамках компьютерной науки. Для изучения объектов предметных областей естественных наук использовался информационный подход и строились компьютерные

<sup>3</sup> В апреле 2013 г. исполнилось 50 лет, как была опубликована статья Сола Горна «Информационно-компьютерные науки как новая фундаментальная область знания» [9].

<sup>4</sup> The fast evolution of IT motivates a periodic reexamination and reorganization of computing and information research and education in academia. We seem to be in one such period.

<...> In the early days of computing, only few people interacted directly with computers: these few people would adapt to the computer. Today, the situation is vastly changed: billions of people interact daily with digital devices and C&I systems become intimately involved in many cognitive and social processes. It is not possible anymore to ignore the human in the loop. Indeed, interesting research increasingly occurs at the intersection of the social and the technical [8].

<sup>5</sup> «Computing's original focal phenomenon was information processes generated by hardware and software. As computing is not only a tool for science, but also a new method of thought and discovery in science. <...> two external factors - rise of computational science and discovery of natural information processes - have spawned a science renaissance in computing.

<...> As computing discovered more and more natural information processes, the focus broadened to include "natural computation" [29]. We can now say *computing is the study of information processes, artificial and natural* [27]. Computing is not alone in dealing with both natural and artificial processes. Biologists, for example, study artifacts including computational models of DNA translation, the design of organic memories, and genetically modified organisms» [30].

<sup>6</sup> «We will have to redefine the notion of computation, which must be able to accommodate also information processing taking place in nature. <...> As a matter of fact, research in natural computing led already to a reexamination of the axioms/paradigms underlying traditional notions of computation» [28].

модели. В итоге компьютерная наука существенно расширила свою предметную область [32].

Если ранее и существовали стимулы интеграции информационной и компьютерной наук, то они не были достаточно весомыми, чтобы были реализованы идеи Горна и Шрейдера в том или ином виде. Однако в наши дни, информационно-коммуникационные технологии стали настолько тесно вплетены во многие когнитивные, экономические и социальные процессы, стали неотъемлемой составляющей гуманитарных исследований, что подобное переплетение уже нельзя игнорировать при создании ИКТ и при подготовке специалистов по их разработке. В наши дни, согласно Марку Снису, наступило время для очередного пересмотра теоретических оснований разработки и применения ИКТ. Необходимо, соответственно, пересмотреть и академические программы. Он перечисляет ряд университетов США, которые уже пошли по этому пути [8].

Возможны разные варианты пересмотра теоретических оснований. В настоящей статье представлена таблица интерфейсов (ТИ) для N сред, которая является концептуальным ядром предлагаемого варианта пересмотра.

### НЕЙРОСРЕДА И ТАБЛИЦА ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ ЧЕТЫРЕХ СРЕД ИНФОРМАТИКИ

Как отмечено во Введении, результаты первой стадии построения интегральной парадигмы информатики включают: выделение цифровой среды (оптической и/или электронной) из материальной сферы объектов и явлений; определение классов однородных объектов в трех средах, интерфейсов и двуединых сущностей на границах между ними; формулировку аксиомы герметичности сред информационно-компьютерной науки. Предлагаемый мною вариант парадигмы первоначально использовался для моде-

лирования традиционного двухэтапного представления концептов знаний человека в виде компьютерных кодов.

Первый этап представления знаний относится к границе между ментальной и социально-коммуникационной средами, которая обозначена штриховой линией на рис. 1. Для концептов и семантической информации как знаковых форм их представления эта граница непроницаема. Семиотические знаки как двуединые сущности принадлежат именно этой границе. Вследствие непроницаемости границы и возникает необходимость в ассоциативном соотношении концептов знаний человека с формами их представления с помощью семиотических знаковых систем, включая языковые системы.

Второй этап представления знаний относится к границе между социально-коммуникационной и цифровой средами, которая обозначена штрихпунктирной линией на рис. 1. Эта граница также является непроницаемой для семантической информации и цифровой информации. Для представления вербальных текстов и символов в цифровой среде на этой границе используются таблицы компьютерного кодирования литер. Эти таблицы принадлежат границе между социально-коммуникационной и цифровой средами. Для вербализуемых знаний последовательное использование сначала языковых знаковых систем в процессе генерации текстов, а затем таблиц компьютерного кодирования – это распространенный способ представления знаний человека и составляющих их концептов в цифровой среде.

Отметим, что объекты, процессы и явления социально-коммуникационной среды, а также на ее границе с ментальной средой традиционно, как правило, относятся к информационной науке, а цифровая среда и ее граница с социально-коммуникационной средой – к предметной области компьютерной науки.

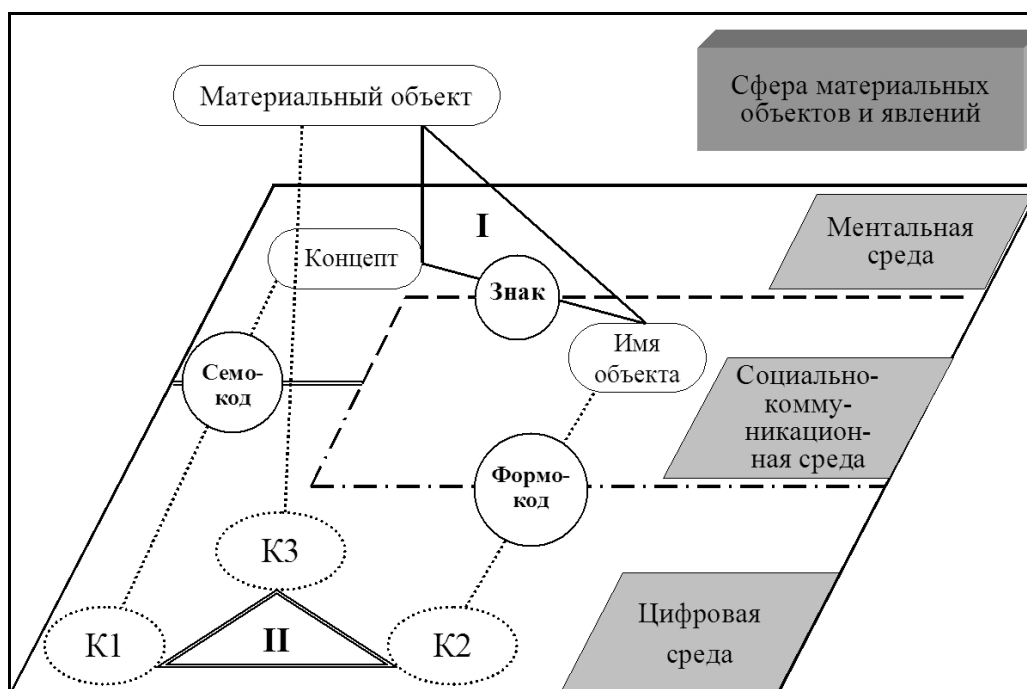


Рис. 1. Сфера материальных объектов и явлений, три среды, однородные объекты и пограничные двуединые сущности (знак, формокод и семокод) [15]

На рис. 1 представлены однородные по своей природе объекты трех классов: концепт знаний человека, имя объекта как частный случай семантической информации и цифровая информация в виде трех компьютерных кодов (семантического (K1), информационного (K2) и объектного (K3)). Показаны также три двуединые сущности (семиотический знак, формокод и семокод). Подробное описание этого рисунка, включая определение трех категорий компьютерных кодов, дано в работах [15, 25].

В 2003 г. самые первые результаты построения парадигмы информатики были применены для разработки метода концептуального поиска в электронных библиотеках геообъектов, описанных в вербальных текстах и/или представленных в растровых изображениях. В качестве примера геообъектов рассматривались устьевые области рек, при этом запрос на их поиск мог быть сформулирован словами и/или картинкой (пиктограммой). Требовалось предложить метод поиска, когда пользователь мог использовать вербальную и/или образную форму представления поискового запроса [25].

Хронологически сначала была поставлена эта частная задача, но затем, в процессе ее решения, появилась необходимость в изучении оснований информатики по той причине, что в поисковом запросе могла быть пиктограмма, а могли быть и слова, но заранее это было неизвестно. Чтобы корректно сформулировать эту задачу и предложить метод ее решения, были введены новые термины: «формокод» как универсальное средство кодирования и пиктограмм и слов, а также «семокод» как средство кодирования концептов геообъектов на границе между ментальной и цифровой средами, которые могут быть представлены в виде пиктограмм и/или слов в социально-коммуникационной среде.

Это стало возможным благодаря тому, что понятие формокода объединяло табличный метод посимвольного кодирования слов вербальных текстов, а также метод кодирования пиктограмм как форм представления концептов. Понятие семокода было введено для кодирования концептов как смыслового содержания слов и пиктограмм. Таким образом, одна категория компьютерных кодов использовалась для слов и пиктограмм, другая - для кодирования их смысла, а третья - для кодирования описываемых (изображаемых) ими геообъектов.

Затем, в дополнение к семиотическому треугольнику Фреге (на рис. 1 обозначен римской цифрой I), было введено понятие цифрового семиотического треугольника, который объединял три кода разных категорий (на рис. 1 обозначен как II): код имени геообъекта, код его концепта и код самого геообъекта.

В итоге был предложен способ кодирования геообъектов с одновременным использованием трех компьютерных кодов разных категорий. Этот способ кодирования стал основой разработки метода поиска по запросам, модальность которых была заранее неизвестна: вербальная, образная в виде пиктограмм или вербально-образная. Способ кодирования на основе формокодов и семокодов дал возможность в ответ на запрос в любой заранее неизвестной модальности получить ответ из электронной библиотеки в

виде текста, описывающего геообъекты, и/или в виде растровых карт с их изображениями.

Необходимость дальнейшего развития парадигмы информатики с предметной областью, включающей 3 среды (ментальная, социально-коммуникационная и цифровая), сделалась очевидной, когда стали широко использоваться ИКТ для обработки сигналов и полей нейросреды. Появилась необходимость экспликации их взаимосвязей с однородными объектами ментальной, социально-коммуникационной и цифровой сред. Для примера приведем названия пяти проектов, поддержанных Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ) и Российским научным фондом (РНФ), которые иллюстрируют необходимость средового расширения парадигмы и экспликации подобных взаимосвязей.

В марте 2011 г. РФФИ провел конкурс ориентированных фундаментальных исследований по 23-м междисциплинарным темам, включая тему «Фундаментальные основы конвергентных технологий» [33]. По этой теме поступило немногим более 40 заявок, из которых почти половина получила гранты на выполнение проектов, включая следующие два [34]:

- 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 мышления с определением их координат на модели когнитивного пространства);

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

Названия и краткие аннотации этих проектов позволяют составить представление об их проблематике. В них рассматриваются вопросы взаимодополняемости 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 [33, 34], в том числе в виде информационно-компьютерных систем и технологий.

В феврале-марте 2014 г. РНФ провел свой первый конкурс по 9 областям знания. В мае был обнародован список названий проектов-победителей, включая следующие [35]:

- Теория информационных процессов в мозге: нейросетевые математические модели сигнализации, обработки информации, интеллектуальных и когнитивных функций;

- Технологии оптимизации и восстановления когнитивных функций человека виртуальной средой;

▪ Создание функциональных прототипов электронных синапсов и построение на их основе модели нейроморфной вычислительной системы.

Приведенные названия пяти проектов, поддержанных РФФИ и РФ, иллюстрируют процессы междисциплинарной интеграции разных отраслей науки [36], в том числе ориентированных на разработку ИКТ и конвергентных технологий, которые охватывают сущности нейросреды, что, в частности, послужило основным фактором становления когнитивной информатики [37-40], предметная область которой включает актуальные проблемы на стыке когнитивной, компьютерной и информационной наук. Эти проблемы могут быть отнесены к предметной области информатики как информационно-компьютерной науке, если добавить нейросреду к ранее рассмотренным трем средам, выделив ее из сферы материальных объектов и явлений.

Чтобы построить таблицу интерфейсов для этих четырех сред, нужно каким-то способом обозначить однородные объекты нейросреды, для которых в информатике сейчас нет общепринятых обозначений. Вопрос о возможности заимствования обозначений из когнитивной нейронауки в настоящее время является открытым. Рассмотрим два способа обозначения

объектов нейросреды. В первом случае однородные объекты обозначаются косвенно, например, словом «мозг» в интерфейсах «мозг-компьютер» (brain-computer) или «мозг-интеллект» (brain-mind). Этот способ заменяет однородные объекты соответствующими органами (мозг) или устройствами (компьютер), но, при этом, не отражает лексически деление однородных объектов на классы внутри среды.

Во втором случае употребляются некоторые условные названия, например в табл. 3 используются слова «нейроданные» и «нейроинформация» наряду с устоявшимися терминами «знания», «семантическая информация», «цифровые данные» и т.д. Второй способ не заменяет однородные объекты соответствующими органами или устройствами и отражает деление однородных объектов на два класса. Для условного обозначения в табл. 3 двуединых сущностей на границах нейросреды в ячейках (4,j) при j=1,2,3 и (i,4) при i=1,2,3 использованы слова «нейросема», «нейроальфа» и «нейрокод» (см. также рис. 2, на котором для каждой среды показаны объекты только одного класса: концепт, имя объекта, нейроинформация и цифровая информация в виде компьютерных кодов K1-K4).

Таблица 3

Таблица интерфейсов для четырех сред информатики, включая нейросреду

i=1,2,3,4 – строки, j=1,2,3,4 – столбцы	1	2	3	4
1	Ментальная среда (ментальные образы данных, концепты знаний человека)	Ментальные образы данных → сенсорно-воспринимаемые данные, концепты → семантическая информация (семиотический знак)	Ментальные образы данных → цифровые данные, концепты → цифровая информация (семокод)	Ментальные образы данных → нейроданные, концепты → нейроинформация (нейросема)
2	Сенсорно-воспринимаемые данные → ментальные образы данных, семантическая информация → концепты (семиотический знак)	Социально-коммуникационная среда (сенсорно-воспринимаемые данные, семантическая информация)	Сенсорно-воспринимаемые данные → цифровые данные, семантическая информация → цифровая информация (формокод)	Сенсорно-воспринимаемые данные → нейроданные, семантическая информация → нейроинформация (нейроальфа)
3	Цифровые данные → ментальные образы данных, цифровая информация → концепты (семокод)	Цифровые данные → сенсорно-воспринимаемые данные, цифровая информация → семантическая информация (формокод)	Цифровая среда (цифровые данные, цифровая информация)	Цифровые данные → нейроданные, цифровая информация → нейроинформация (нейрокод)
4	Нейроданные → ментальные образы данных, нейроинформация → концепты (нейросема)	Нейроданные → сенсорно-воспринимаемые данные, нейроинформация → семантическая информация (нейроальфа)	Нейроданные → цифровые данные, нейроинформация → цифровая информация (нейрокод)	Нейросреда (нейроданные, нейроинформация)





Выделение нейросреды дает возможность определить два новых термина «нейросемиотический тетраэдр» и «нейроквадрат». Тетраэдр с вершинами – материальный объект, концепт, имя объекта и нейроинформация – назовем нейросемиотическим. Он по своему содержанию во многом совпадает с термином «психосемиотический тетраэдр» Ф.Е. Василюка с вершинами «предмет, личностный концепт, имя предмета и чувственная ткань (которая связывает воедино первые три вершины)» [46]. Различие этих двух тетраэдров заключается в том, что первый описывает любые концепты (личностный, коллективный и конвенциональный), а второй был определен Ф.Е. Василюком только для личностных концептов. Отметим, что в парадигме информатики чувственная ткань может быть отнесена к одному из классов однородных объектов нейросреды.

Еще один термин «семиотический тетраэдр» использовался в 1988 г. рабочей группой «FRamework of Information System CONcepts – FRISCO», сформированной Международной федерацией по обработке информации (International Federation for Information Processing – IFIP) в процессе создания системы терминов и концептуальных основ разработки информационных систем. Итоги этой работы были опубликованы в виде отчета в 1998 г. [47]. Группа FRISCO использовала семиотический и онтологический подходы для описания системы терминов и концептуальных основ разработки систем. В частности, ею было определено понятие семиотического тетраэдра с вершинами «предмет, концепт, имя предмета и интерпретатор». Его существенное отличие от нейросемиотического тетраэдра заключается в том, что четвертая вершина является субъектом, который интерпретирует предмет, генерирует концепт и имя предмета, а не однородным объектом нейросреды [48].

Идея включения субъекта-интерпретатора или интерпретанта<sup>7</sup> в модели общей (general semiotics) и частных семиотик в свое время оказалась весьма продуктивной [49-51]. Однако включение субъектов в семиотические модели информационных систем и технологий вместо однородных объектов обладает тем же недостатком, что и замена этих объектов соответствующими органами или устройствами: не отражается лексически деление однородных объектов на классы внутри среды. Поэтому по определению нейросемиотического тетраэдра три из четырех его вершин есть однородные объекты трех разных сред: ментальной, социально-коммуникационной и нейросреды.

Таким образом, в этом определении используется альтернативный подход по сравнению с идеей включения субъекта-интерпретатора или интерпретанта в семиотические модели информационных систем и технологий.

Кроме нейросемиотического тетраэдра определим термин «нейроквадрат» как четверку следующих компьютерных кодов (см. рис. 2):

- K1 – для концептов ментальных знаний человека;

<sup>7</sup> Интерпретатор – это только человек, который анализирует предмет, генерирует концепт и его имя, а интерпретант – это необязательно человек. В семиотике функция абстрактного интерпретанта заключается в означивании предметов (генерации концептов) и присвоении им имен [49, с. 15, 16].

- K2 – для слов как имен объектов и других знаковых форм представления знания;
- K3 – для кодирования предметов материальной сферы (в общем случае – для любых объектов, в результате семантической интерпретации которых человеком генерируются концепты);
- K4 – для кодирования нейроинформации.

Сопоставление рис. 1 и 2 показывает, что нейроквадрат построен на основе цифрового семиотического треугольника, подробное описание которого дано в работах [15, 16].

Для иллюстрации рис. 2 рассмотрим формулировку названия упомянутого выше проекта РФФИ «Исследование ритмических кодов ...». В этом проекте требуется описать взаимосвязи объектов всех четырех сред, т.е. трех сред, приведенных на рис. 1, недостаточно. Естественно, что нужны нейро- и цифровая среды, чтобы реализовать в нейрокоммуникаторах интерфейсы «нейроданные → цифровые данные» и «нейроинформация → цифровая информация».

Также для моделирования когнитивного пространства человека нужна ментальная среда, а для описания отчужденных образных, вербальных и смешанных модальностей (форм) представления результатов мыслительной деятельности – социально-коммуникационная среда.

Приведенная формулировка названия проекта РФФИ иллюстрирует практическую необходимость включения в предметную область информатики интерфейсов для объектов нейросреды наряду с процессами кодирования концептов ментальной среды, слов, текстов и других знаковых форм представления знания в социально-коммуникативной среде. Реализация упомянутых проектов РФФИ и РНФ показывает, что уже сегодня информационно-коммуникативные технологии охватывают объекты четырех вышеперечисленных сред. Поэтому для полноценного описания предметной области информатики необходимо было выделить нейросреду и исследовать те ее интерфейсы, которые сегодня уже реализуются и используются для компьютерного кодирования ее объектов.

В заключение этого раздела отметим, что таблица интерфейсов в виде табл. 3 включает интерфейсы, каждый из которых описывает взаимодействие однородных объектов только двух разных сред, которые будем называть интерфейсами второго порядка. Однако она не включает интерфейсы третьего и четвертого порядков, которые описывают взаимодействие однородных объектов более двух разных сред. Чтобы отобразить эти интерфейсы, необходимо построить четырехмерный вариант таблицы интерфейсов, что является перспективным объектом исследований и разработок, но выходит за рамки этой статьи.

## **ДНК-СРЕДА И ТАБЛИЦА ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ N СРЕД ИНФОРМАТИКИ**

Можно ли сегодня ограничиться только четырьмя средами в предметной области информатики? Известные примеры ДНК-кодирования текста, изображений и аудиозаписей дают отрицательный ответ на этот вопрос и обосновывают необходимость выделения ДНК-среды из материальной сферы объектов и

явлений. Практическая потребность включения ДНК-среды в предметную область информатики обусловлена тем, что возможности современных магнитных и оптических носителей по срокам хранения данных ограничены, в лучшем случае, десятками лет, что явно недостаточно, например, в библиотечном деле. Искусственные ДНК существенно превосходят магнитные и оптические носители как по плотности записи, так и по долговечности хранения, что было показано экспериментально [52].

Теперь, при долгосрочном планировании развития библиотечного дела, необходимо учитывать новые технологические возможности записи и хранения книг в ДНК-коде. Например, объединенная исследовательская группа из Европейского института биоинформатики (European Bioinformatics Institute - EBI) вместе с коллегами из Германии и США разработала технологию, позволяющую использовать искусственные ДНК в качестве долговременного, надежного и энергонезависимого носителя информации. Используя в качестве среды хранения короткие одноцепочечные ДНК, исследователи [53] записали пять файлов, содержащих полное собрание сонетов Шекспира (с помощью кодировочной таблицы ASCII), статью первооткрывателей структуры ДНК Джеймса Уотсона и Френсиса Крика «Молекулярная структура нуклеиновых кислот» (в формате PDF), цветное фото здания EBI (в формате JPEG), 26-секундный MP3-файл с фрагментом речи Мартина Лютера Кинга «У меня есть мечта», а также файл с записью алгоритма Хаффмана.

Таким образом, создание лабораторных вариантов технологий ДНК-кодирования текста, изображений и

аудиозаписей влечет за собой увеличение числа сред в информатике, как минимум, до пяти. Преобразуем рис. 2 с целью изображения однородных объектов и интерфейсов ДНК-среды, заменив ею нейросреду, т.е. ограничимся по-прежнему явным изображением только четырех сред (см. рис. 3, на котором для каждой среды показаны объекты только одного класса). Затем построим таблицу интерфейсов для случая  $N$  сред, включая нейро- и ДНК-среду, указав в последних строке и столбце интерфейсы с неизвестными объектами среды  $N$  (табл. 4).

Для двух классов однородных объектов этой среды введем условные обозначения – ДНК-данные и ДНК-информация, а для пограничных двуединых сущностей на границах ДНК-среды с четырьмя другими средами предложим следующие условные названия: «ДНК-альфа», «ДНК-код», «ДНК-сема» и «нейроДНК» (на рис. 3 не показана). Кроме этого, определим два новых термина по аналогии с нейро-семиотическим тетраэдром и нейроквадратом.

Тетраэдр с вершинами материальный объект, концепт, имя объекта и ДНК-информация – назовем ДНК-семиотическим. ДНК-квадрат определим как четверку компьютерных кодов, заменив код K4 (см. рис. 2) кодом K5 для кодирования ДНК-информации (см. рис. 3).

В табл. 4 предусмотрена одна диагональная ячейка для названия некоторой неизвестной в настоящее время среды  $N$  и ее однородных объектов, а также ячейки для их интерфейсов с объектами остальных сред предметной области информатики. В этих ячейках неизвестные позиции отмечены знаками вопроса.

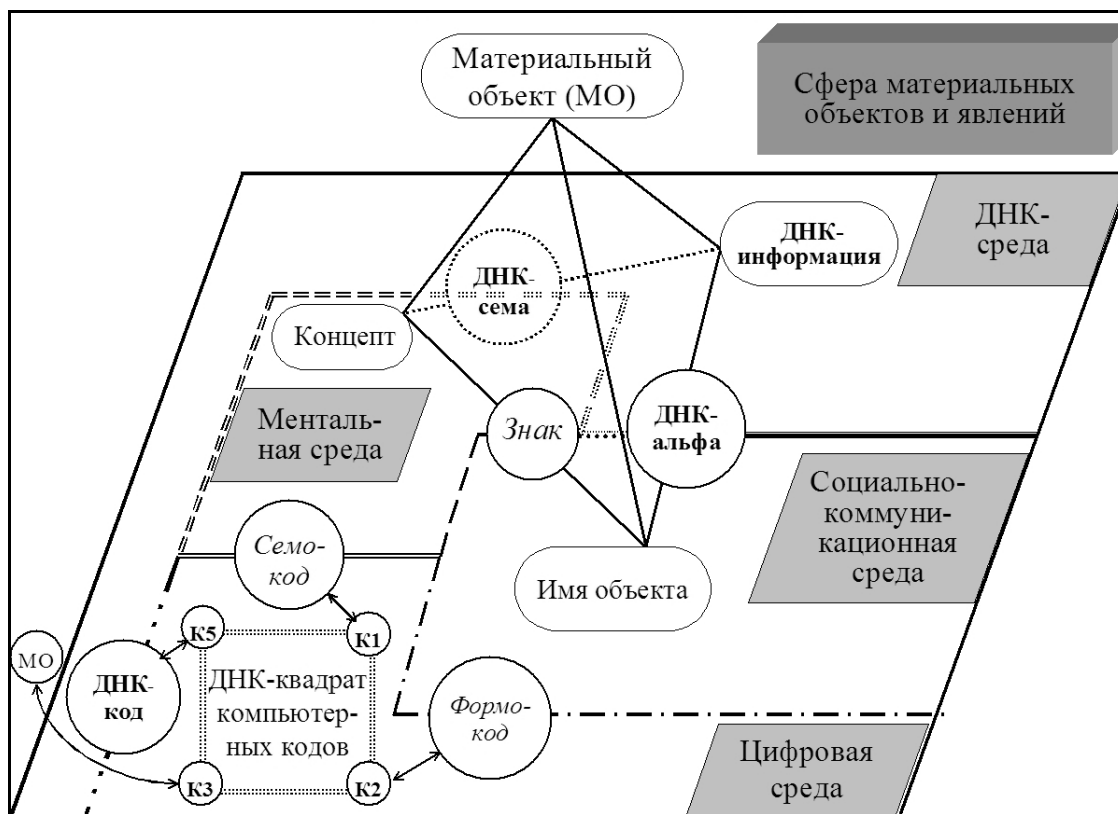


Рис. 3. ДНК-среда, ДНК-семиотический тетраэдр и четыре компьютерных кода его вершин

Таблица интерфейсов для N сред предметной области информатики (без нумерации строк и столбцов)

Ментальная среда (ментальные образы данных, концепты знаний человека)	Ментальные образы данных → сенсорно-воспринимаемые данные, концепты → семантическая информация (семиотический знак)	Ментальные образы данных → цифровые данные, концепты → цифровая информация (семокод)	Ментальные образы данных → ДНК-данные, концепты → ДНК-информация (ДНК-сема)	Ментальные образы данных → нейроданные, концепты → нейроинформация (нейросема)	Ментальные образы данных → ?, концепты → ? (?)
Сенсорно-воспринимаемые данные → ментальные образы данных, семантическая информация → концепты (семиотический знак)	Социально-коммуникационная среда (сенсорно-воспринимаемые данные, семантическая информация)	Сенсорно-воспринимаемые данные → цифровые данные, семантическая информация → цифровая информация (формокод)	Сенсорно-воспринимаемые данные → ДНК-данные, семантическая информация → ДНК-информация (ДНК-альфа)	Сенсорно-воспринимаемые данные → нейроданные, семантическая информация → нейроинформация (нейроальфа)	Сенсорно-воспринимаемые данные → ?, семантическая информация → ? (?)
Цифровые данные → ментальные образы данных, цифровая информация → концепты (семокод)	Цифровые данные → сенсорно-воспринимаемые данные, цифровая информация → семантическая информация (формокод)	Цифровая среда (цифровые данные, цифровая информация)	Цифровые данные → ДНК-данные, цифровая информация → ДНК-информация (ДНК-код)	Цифровые данные → нейроданные, цифровая информация → нейроинформация (нейрокод)	Цифровые данные → ?, цифровая информация → ? (?)
ДНК-данные → ментальные образы данных, ДНК-информация → концепты (ДНК-сема)	ДНК-данные → сенсорно-воспринимаемые данные, ДНК-информация → семантическая информация (ДНК-альфа)	ДНК-данные → цифровые данные, ДНК-информация → цифровая информация (ДНК-код)	ДНК-среда (ДНК-данные, ДНК-информация)	ДНК-данные → нейроданные, ДНК-информация → нейроинформация (нейроДНК)	ДНК-данные → ?, ДНК-информация → ? (?)
Нейроданные → ментальные образы данных, нейроинформация → концепты (нейросема)	Нейроданные → сенсорно-воспринимаемые данные, нейроинформация → семантическая информация (нейроальфа)	Нейроданные → цифровые данные, нейроинформация → цифровая информация (нейрокод)	Нейроданные → ДНК-данные, нейроинформация → ДНК-информация (нейроДНК)	Нейроданные → нейросреда (нейроданные, нейроинформация)	Нейроданные → ?, нейроинформация → ? (?)
...	...	...	...	...	...
? → ментальные образы данных, ? → концепты (?)	? → сенсорно-воспринимаемые данные, ? → семантическая информация (?)	? → цифровые данные, ? → цифровая информация (?)	? → ДНК-данные, ? → ДНК-информация (?)	? → нейроданные, ? → нейроинформация (?)	Среда N (ее однородные объекты)

Предполагается, что в среде  $N$  будут определены однородные объекты, как минимум, двух классов. В случае выделения среды  $N$  из сферы материальных объектов и явлений, теоретически можно будет предполагать взаимодействие объектов одного ее класса с концептами, семантической, цифровой, ДНК- и нейроинформацией, а другого ее класса – с ментальными образами данных, сенсорно-воспринимаемыми данными, цифровыми, ДНК- и нейроданными.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таблица интерфейсов, построенная для  $N$  сред информатики, ничего не говорит о взаимодействии объектов разных классов одной среды. В работе [25, с. 91-95] был рассмотрен пример технологии получения семантической информации на основе интерпретации специалистом данных о сейсмическом профиле длиной 60 км и глубиной 1400 м, отображаемых на экране монитора компьютера. Эти данные на экране монитора и создаваемая на их основе семантическая информация являются по определению однородными объектами социально-коммуникационной среды, но принадлежат к двум разным ее классам.

В работе [25] было показано, что в этом примере непосредственный интерфейс второго порядка между ними отсутствует, так как в процессе интерпретации, кроме этих данных, дополнительно использовалась семантическая информация о геологических границах и, естественно, знания специалиста.

Таким образом, в рассмотренном примере информационно-коммуникационной технологии взаимодействуют следующие однородные объекты: цифровые данные о сейсмическом профиле, результаты их визуализации на экране компьютера в виде сенсорно-воспринимаемых данных, концепты знаний специалиста – пользователя этого компьютера и информация о геологических границах. Взаимодействие этих объектов позволяет специалисту создавать семантическую информацию на основе данных сейсмического профиля.

Для описания подобных ИКТ недостаточно интерфейсов второго порядка, описывающих взаимодействие только двух однородных объектов разных сред. Для них потребуются определить интерфейсы более высоких порядков, до  $N$ -го включительно, что выходит за рамки настоящей статьи. Табл. 4 представляет собой структурированный список интерфейсов только второго порядка для объектов  $N$  сред. Она содержит ячейки для уже известных объектов и интерфейсов между ними, а также для теоретически возможных, но пока неизученных объектов и неописанных интерфейсов как информатики, так и других отраслей науки, использующих ИКТ.

В отношении классификации интерфейсов построенная в этой статье таблица в чем-то аналогична периодической системе химических элементов. Если эта система устанавливает зависимость свойств химических элементов от заряда атомного ядра, то таблица интерфейсов классифицирует их в зависимости от сочетания сред, к которым принадлежат взаимодействующие объекты предметной области информатики (с учетом несимметричности их взаимодействия в общем случае). Наличие в таблице интерфейсов

ячеек с вопросами и с условными обозначениями однородных объектов и двуединых сущностей может помочь предсказать направления развития не только информационно-коммуникационных, но и конвергентных технологий будущих поколений.

В заключение перечислим те «белые пятна» в предлагаемой мною парадигме информатики, которые определяют возможные направления ее развития. Во-первых, для интерфейсов, включающих ментальные образы данных, сенсорно-воспринимаемые данные, цифровые данные, ДНК-данные и нейроданные, не указаны те двуединые сущности, которые связывают их с однородными объектами других сред. Во-вторых, в этой таблице отсутствуют интерфейсы третьего и более высоких порядков, связывающие однородные объекты разных сред. В-третьих, число классов однородных объектов одной среды ограничено двумя (в работах [18, 20] описано по два класса объектов в каждой среде, но для некоторых из них дано деление на подклассы).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С. Основы информатики. – М.: Наука, 1968. — 756 с.
2. Гиляревский Р.С. Основы информатики. – М.: Изд-во «Экзамен», 2003. – 320 с.
3. Информатика как наука об информации: Информационный, документальный, технологический, экономический, социальный и организационный аспекты / под ред. Р.С. Гиляревского. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2006. — 592 с.
4. Королев Л.Н., Миков А.И. Информатика. Введение в компьютерные науки. – М.: Изд-во «Высшая школа», 2003. – 341 с.
5. Computer Science Curricula 2013 Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science (December 20, 2013). – URL: <http://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf> (состояние страницы на 31.07.2014).
6. Зацман И.М. Информационно-компьютерная наука: предпосылки становления // Научно-техническая информация. Сер. 1. – 2013. – № 7. – С. 1-12 (перевод на англ. язык: Zatsman I. Computer and Information Science: Background of Formation // Scientific and Technical Information Processing. – 2013. – Vol. 40, № 3. – P. 119–130).
7. Зацман И.М. Информационно-компьютерная наука: технологические предпосылки становления // Информационные технологии. – 2014. – №3. – С. 3 – 12.
8. Snir M. Computer and information science and engineering: one discipline, many specialties // Communication of the ACM. – 2011. – Vol. 54, № 3. – P. 38-43.
9. Gorn S. The computer and information sciences: a new basic discipline // SIAM Review. – 1963. – Vol. 5, № 2. – P. 150-155.

10. Gorn S. Computer and information sciences and the community of disciplines // Behavioral science. – 1967. – Vol. 12, № 6. – P. 433-452.
11. Gorn S. The identification of the computer and information sciences: their fundamental semiotic concepts and relationships // Foundations of language. – 1968. – Vol. 4, № 4. – P. 339-372.
12. Gorn S. Informatics (computer and information science): its ideology, methodology, and sociology. – In: The studies of information: Interdisciplinary messages / ed. by F. Machlup and U. Mansfield. – New York: Wiley, 1983. – P. 121-140.
13. Шрейдер Ю.А. Информация и знание // В кн. Системная концепция информационных процессов. – М.: ВНИИСИ, 1988. – С. 47–52.
14. 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.
15. Зацман И. М. Семиотическая модель взаимосвязей концептов, информационных объектов и компьютерных кодов // Информатика и ее применение. – 2009. – Том 3, Вып. 2. – С. 65–81.
16. 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.
17. Furner J. Information studies without information // Library Trends. – 2004. – Vol. 52, № 3. – P. 427-446.
18. Зацман И.М. Построение системы терминов информационно-компьютерной науки: проблемно-ориентированный подход // Теория и практика общественной научной информации: Сб. науч. тр. / РАН. ИНИОН. Вып. 21. – М.: ИНИОН РАН, 2013. – С. 120-159.
19. Шемакин Ю.И., Романов А.А. Компьютерная семантика. – М.: НОЦ «Школа Китайгородской», 1995. — 344 с.
20. Зацман И.М. Основы компьютерного представления экспертных знаний для мониторинга программно-целевой деятельности: дис. ... докт. техн. наук. – М.: ИПИ РАН, 2011. – 350 с.
21. Zatsman I. Tracing Emerging Meanings by Computer: Semiotic Framework // In the 13th European Conference on Knowledge Management Proceedings. – 2012. – Vol. 2. – Reading: Academic Publishing International Limited. – P. 1298–1307.
22. Zatsman I., Buntman P. Theoretical Framework and Denotatum-Based Models of Knowledge Creation for Monitoring and Evaluating R&D Program Implementation // International Journal of Software Science and Computational Intelligence. – 2013. – Vol. 5, № 1. – P. 15-31.
23. Бунтман Н.В., Зализняк Анна А., Зацман И.М., Кружков М.Г., Ложилова Е.Ю., Сичинава Д.В. Информационные технологии корпусных исследований: принципы построения кросс-лингвистических баз данных // Информатика и ее применение. – 2014. – Том 8, Вып. 2 – С. 98-110.
24. Zatsman I., Buntman N., Kruzchkov M., Nuriev V., Zalizniak Anna A. Conceptual Framework for Development of Computer Technology Supporting Cross-Linguistic Knowledge Discovery // In the 15th European Conference on Knowledge Management Proceedings. Vol. 3. – Reading: Academic Publishing International Limited, 2014. – P. 1063–1071.
25. Зацман И.М. Концептуальный поиск и качество информации. – М.: Наука, 2003. – 271 с.
26. Приказ Министерства образования и науки РФ от 25 февраля 2009 г. N 59 "Об утверждении Номенклатуры специальностей научных работников" с изменениями и дополнениями от 11 августа, 16 ноября 2009 г., 10 января 2012 г. - <http://base.garant.ru/195207/> (состояние страницы на 31.07.2014).
27. Denning P. Computing is a natural science // Communication of the ACM. – 2007. – Vol. 50, № 7. – P. 13–18.
28. Rozenberg G. Computer Science, Informatics, and Natural Computing - Personal Reflections. In: New Computational Paradigms: Changing Conceptions of What is Computable / ed. by S. B. Cooper, B. Löwe, A. Sorbi. – New York: Springer Science+Business Media LLC, 2008. – P. 373-379.
29. Kari L., Rozenberg G. The many facets of natural computing // Communication of the ACM. – 2008. – Vol. 51, № 10. – P. 72–83.
30. Denning P. The Science in Computer Science // Communication of the ACM. – 2013. – Vol. 56, № 5. – P. 35–38.
31. Newell A., Perlis A., Simon H. Computer science // Science. – 1967. – Vol. 157, № 3795. – P. 1373-1374.
32. Computational Science: Ensuring America's Competitiveness. Report to the President. – Arlington, VA: National Coordination Office for Information Technology Research and Development, 2005. – 105 p.
33. 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](http://www.rfbr.ru/rffi/getimage/20.Фундаментальные_основы_конвергентных_технологий.pdf?objectId=31173) (состояние страницы на 31.07.2014).
34. Список проектов конкурса "ОФИ-М-2011", получивших финансовую поддержку РФФИ. – URL: <http://www.rfbr.ru/rffi/getimage?objectId=38202> (состояние страницы на 31.07.2014).
35. Список проектов-победителей конкурса 2014 г. на получение грантов по приоритетному направлению деятельности РФ "Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами". – URL: [http://www.rscf.ru/sites/default/files/docfiles/Spisok\\_pobediteley.pdf](http://www.rscf.ru/sites/default/files/docfiles/Spisok_pobediteley.pdf) (состояние страницы на 31.07.2014).

36. NRC (National Research Council). *Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond*. – Washington, DC: The National Academies Press, 2014. – 137 p.
37. Bryant A. *Cognitive Informatics, Distributed Representation and Embodiment // Brain and Mind*. – 2003. – Vol. 4, № 2. – P. 215-228.
38. 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.
39. Wang Y. *The theoretical framework of cognitive informatics // International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence*. – 2007. – Vol. 1, № 1. – P. 1–27.
40. 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.
41. Shepard R.N. *Perceptual-Cognitive Universals as Reflections of the World // Behavioral and Brain Sciences*. – 2001. – Vol. 24, № 3. – P. 581–601.
42. Каменская М.А. *Понятие «информация» в контексте молекулярно-клеточной биологии // Научно-техническая информация. Сер. 1*. – 2012. – № 6. – С. 4-17.
43. Baars B., Gage N. *Cognition, Brain, and Consciousness: Introduction to Cognitive Neuroscience*. - Burlington, MA: Academic Press/Elsevier, 2010 (перевод на русский язык: Баарс Б., Гейдж Н. *Мозг, познание, разум: введение в когнитивные нейронауки: в 2-х ч.* – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – Ч. 1. – 544 с.; Ч. 2. – 464 с.).
44. Секерина И. А. *Метод вызванных потенциалов мозга в экспериментальной психолингвистике // Вопросы языкознания*. – 2006. – № 3. – С. 22-45.
45. de Charms R. C. *Applications of real-time fMRI // Nature Reviews Neuroscience*. – 2008. – Vol. 9, № 9. – P. 720–729.
46. Василюк Ф.Е. *Структура образа // Вопросы психологии*. – 1993. – № 5. – С. 5-19.
47. *The FRISCO Report «A framework of information system concepts (Web edition)»*. – IFIP, 1998. – URL: <http://www.mathematik.uni-marburg.de/~hesse/papers/fri-full.pdf> (состояние страницы на 31.07.2014).
48. Hesse W., Verrijn-Stuart A.A. *Towards a Theory of Information Systems: The FRISCO Approach*. In: H. Kangassalo, H. Jaakkola, E. Kawaguchi (eds.), *Information Modelling and Knowledge Bases XII*. – Amsterdam: IOS Press, 2001. – P. 81-91.
49. Eco U. *A Theory of Semiotics*. – Bloomington: Indiana University Press, 1976. – 356 p.
50. Пирс Ч. *Логические основания теории знаков*. – СПб.: Изд-во «Алетейя», 2000. – 352 p.
51. Зацман И.М. *Семиотические основания и элементарные технологии информатики // Информационные технологии*. – 2005. – № 7. – С. 18-31.
52. Ailenberg M., Rotstein O.D. *An improved Huffman coding method for archiving text, images, and music characters in DNA // BioTechniques*. – 2009. – Vol. 47, № 3. – P. 747–754.
53. Куликов В. *Мечту записали в ДНК: в искусственную ДНК записали пять файлов общим объемом 5,2 мегабита*. – URL: [http://www.gazeta.ru/science/2013/01/24\\_a\\_4938865.shtml](http://www.gazeta.ru/science/2013/01/24_a_4938865.shtml) (состояние страницы на 31.07.2014).

*Материал поступил в редакцию 04.08.14.*

#### **Сведения об авторе**

**ЗАЦМАН Игорь Моисеевич** – доктор технических наук, зав. отделом Института проблем информатики РАН, Москва  
e-mail: [izatsman@yandex.ru](mailto:izatsman@yandex.ru)