



А.В. ПАЛАГИН

УДК 681. 3

ПРОБЛЕМЫ ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНОСТИ И РОЛЬ ИНФОРМАТИКИ

Ключевые слова: *трансдисциплинарные научные исследования, знание-ориентированные системы и сети, компьютерные онтологии, Sensor Semantic Web, кластеры конвергенции.*

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития науки и ее приложений носит явно трансдисциплинарный характер. Это обусловило необходимость разработки строгой методологии трансдисциплинарных (ТД) научных исследований, создания ТД-международных центров и школ, наконец, определения места и роли информатики в системно-технологической поддержке ТД-исследований и использования их результатов при решении глобальных проблем развития современной цивилизации. ТД-парадигма предполагает построение в обозримом будущем общей научной картины мира или, что то же самое, — единой ТД-системы знаний, обеспечивающей формализованные постановку и решение конкретных задач при выполнении комплексных проектов высокой сложности, социальной значимости, конфликтности и конкурентности.

Многочисленные публикации последних лет в данной области посвящены в большинстве своем общефилософским проблемам ТД-исследований (ТДИ), их феноменологической сущности, понятийным аспектам [1–5]. Среди них заслуживают особого интереса публикации, излагающие вопросы методологии ТДИ и прикладные аспекты [2, 5]. В настоящей статье предлагаются некоторые методы и средства информационно-технологической поддержки ТДИ в их становлении и развитии.

Именно при переходе к обществу знаний и трансдисциплинарным знание-ориентированным технологиям по-настоящему проявляется системообразующая роль информатики.

ОСНОВЫ ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНОСТИ

Серьезным фактором, определяющим место и роль науки в жизни общества, является то, что она пока, к сожалению, не располагает целостной картиной мира. В связи с этим ей свойственны частичные проекции сущего бытия под углом зрения частных научных дисциплин, постигающих те или иные законы природы в зависимости от проблемной ориентации исследований.

Вместе с тем эпоха аналитизма и свойственная ей дифференциация науки и замкнутых научных теорий уже позади. Стало очевидным, что реальные проблемы, стоящие перед человеческим обществом, гораздо сложнее научных, и на-

© А.В. Палагин, 2013

ука не в состоянии их кардинально решить вследствие разобщенности научных дисциплин и их специализации, слабой координации научных коллективов и их тематики, отсутствия системного мониторинга и общего формализованного языка представления знаний.

Трансдисциплинарные исследования, захватывая зоны пограничных (демаркационных) ареалов научных дисциплин, интегрируют сущностные основы последних, образуя так называемые кластеры конвергенции, в которых происходит мощное синергетическое взаимодействие за счет взаимопроникновения парадигм и конкретных текущих результатов каждой из дисциплин, входящих в тот или иной кластер. Указанное взаимодействие отражает целостность реального мира, являясь стимулом и одновременно гарантией успешности ТД-исследований и связанных с ними практических проектов, нетривиальности и значимости их результатов.

Одна из главных задач ТД-исследований — обеспечение эффективного ТД-взаимодействия на всех этапах жизненного цикла решения фундаментальных и прикладных научных проблем. Кроме задач инфраструктурной поддержки ТДИ, на первый план выходят задачи их методологического сопровождения и обеспечения процессов интеграции, конвергенции и унифицированного формализованного представления ТД-знаний и операций над ними. Существенную роль играет системологическое приобретение навыков и расширение диапазона мировоззрения ТД-исследователей. Здесь уместно говорить об этосе трансдисциплинарности как сущностном феномене и понятийной метафоре как общей основе взаимопонимания представителей разных научных дисциплин. На фоне ТД-проблематики отчетливо заметны ограниченность и неэффективность существующего подхода к подготовке кадров высшей квалификации, формированию структуры и перечня специальностей в вузах, управлению знаниями в целом.

Отбросив терминологические тонкости, примем утверждение, согласно которому *трансдисциплинарность как понятие* апеллирует к общей научной картине мира, отражающей реальный мир во всем его многообразии и многосвязности — пространственной, временной, информационной и когнитивной [3, 4]. Исходя из принципа неисчерпаемости материи, отобразить во всей «исчерпывающей» полноте (со стороны наблюдателя) такое многообразие невозможно даже теоретически. Но естествознание и, в частности физика, давно переболели механическим «лапласовским» детерминизмом с его причинно-следственным методологическим принципом, а точнее, претензией на всеобщую универсальность [6]. При решении научных и практических проблем анализа и синтеза сложных систем так или иначе приходится преодолевать указанные противоречия за счет потери информации путем упрощения постановки указанных проблем, использования вероятностных подходов, установления принципов междисциплинарного взаимодействия в виде согласования понятий, методов исследований и интерпретации их результатов. Таким образом, путь к трансдисциплинарности лежит через создание *системологии междисциплинарного взаимодействия* (в свете эволюции научных теорий) как самостоятельной отрасли знаний либо отдельного раздела информатики, имея в виду ее системообразующую функцию. Тем более, что информатика кроме четкого математического базиса владеет также и технологиями постановки и решения сложных научно-технических проблем.

Серьезным шагом в направлении трансдисциплинарности, как упоминалось выше, является формирование перспективных *самодостаточных кластеров* трансдисциплинарных исследований, которые обеспечивают учет последствий (рисков) и взаимное влияние основных факторов и обратных связей в процессе теоретического анализа, целенаправленных физических экспериментов и реализации глобальных системных проектов, ориентированных на поддержку устой-

чивого развития человеческого общества, сохранения окружающей среды, развития науки в целом и др. Ярким примером является кластер NBIC-конвергенции (N — нано, B — био, I — инфо, C — когнито). Последнее десятилетие он действительно интенсивно развивается, при этом взаимовлияние каждой из технологий чрезвычайно велико. Информатика привносит в этот кластер как системообразующую, так и компьютерно-технологическую компоненты. Главные «прорывные» направления, формируемые почти в реальном масштабе времени в этом кластере, это: стирание граней между живыми и неживыми системами; наноробототехника с его многочисленными приложениями: биопротезы и наноинструменты, наномедицина; встроенные (первазивные) нанокomпьютеры, биопрограммные комплексы и искусственные биологические системы; новые материалы, глобальные суперкомпьютерные агломерации с высоким уровнем искусственного интеллекта; единая распределенная трансдисциплинарная система знаний [5].

Таким образом, *сущность трансдисциплинарного подхода* к исследованию комплексных научно-технических проблем состоит в эффективном обеспечении двуединства концепций углубления конкретных знаний в предметной области, с одной стороны, и расширения охвата проблемы, исходя из реальности единства мира, и стремления воссоздать целостную научную картину мира — с другой.

Его реализация заключается в выяснении новых закономерностей по результатам системной интеграции исходных научных теорий путем обмена понятиями и методами разных наук, формировании новых понятий, категорий, новых научных теорий, обобщающих исходные и расширяющих диапазон трансдисциплинарности в направлении построения глобальной интегрированной системы знаний, которая не просто фиксирует научную картину мира, но и является активной средой, обеспечивающей решение конкретных научно-технических задач (путем погружения в нее формализованных заданий) и развитие самой системы знаний.

ДВИЖЕНИЕ ЗНАНИЙ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ОНТОЛОГИИ

Процесс развития знаний в любой предметной области (ПрО) и в целом в науке можно охарактеризовать параметрами, производными от пространства и времени, а именно:

$$W — \text{объем знаний, } W = V / t — \text{ скорость роста объема знаний; } \quad (1)$$

$$W = W(t) — \text{ зависимость объема знаний от времени (рис. 1). } \quad (2)$$

Очевидным фактом является то, что скорость роста объема знаний в раннем периоде $t_p \div t_0$ развития науки в целом или какой-либо ее ПрО значительно отставала от современной, $V_p < V_n$. Здесь $t < t_p$ — период зарождения, t_0 — текущий момент времени, $t_0 \div t_n$ — прогнозный период.

С точностью до погрешности линеаризации соотношение между средними скоростями роста объема знаний в периоды $t_p \div t_0$ и $t_0 \div t_n$ количественно определяется неравенством $\text{tg } \alpha_{0n} > \text{tg } \alpha_{p0}$.

Объем знаний и объем информации, необходимой для их

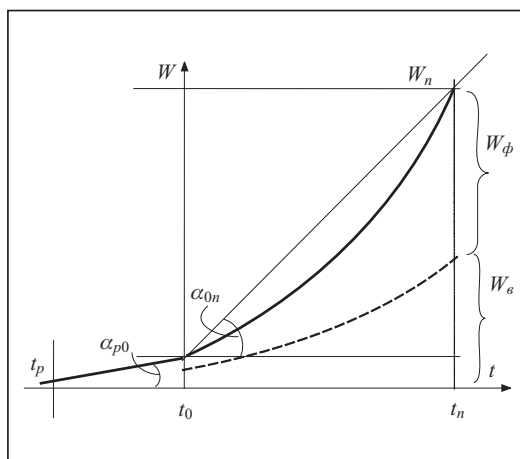


Рис. 1. Зависимость $W = W(t)$

представления $I(W)$, пропорциональны между собой, но не равны. Соотношение между ними в любой момент времени в значительной мере определяется соотношением между вербальной (W_e) и формализованной (W_f) компонентами: $W = W_e + W_f$.

Под формализованным представлением знаний понимается аналитическая, табличная и графическая формы. Очевидно, что формализованное представление компактнее вербального и более пригодно для оперативной обработки. Во времени происходит три процесса:

- увеличение суммарного объема знаний (и информации, необходимой для их представления);
- увеличение формализованной компоненты знаний;
- замена старых знаний новыми.

Соотношение $K_f = W_f / W$ определяет степень формализации знаний и зависит от ПрО и рассматриваемого момента времени t . Суммарный объем информации $I(W)$, представляющей знания в данной ПрО, на определенном отрезке времени может стабилизироваться за счет процесса перевода вербальной компоненты знаний в компактное формализованное представление с сохранением содержательности знаний как таковых. Этот процесс частично компенсирует текущий прирост объема знаний (и информации).

Как отмечалось выше, существенной отличительной особенностью в развитии общих знаний является наличие двух противоположных тенденций: дифференциации дисциплин научного знания и его интеграции. Если в ранний период ($t_p \div t_0$) имела место лишь первая из них (шел процесс образования новых дисциплин), то современный период ($t_0 \div t_n$) характеризуется наличием обеих тенденций с явной интенсификацией процессов интеграции научных дисциплин. Они связаны с созданием многопрофильных исследовательских организаций и рождением упомянутых трансдисциплинарных кластеров конвергенции как в развитии соответствующих теорий, так и в реализации сложных научно-технических проектов.

Унифицирование и конструктивизация знаний и их представлений — один из наиболее сложных и важных этапов формулирования трансдисциплинарных проблем и проведения ТД-исследований [7, 8]. Это обусловлено не только сложностью, большой размерностью задач и данных, чрезвычайным объемом системно-аналитической составляющей на фоне междисциплинарных различий (дифференциации и замкнутости современных научных теорий), но и отсутствием методологии междисциплинарного взаимодействия. Главное — нетривиальность самого перехода от прямых методов научных исследований к исследованиям на основе профессионального управления знаниями (knowledge management) и, конечно же, средств их методологической и информационно-технологической поддержки.

В этом плане при постановке ТД-исследований большую роль играют метазнания. Так, сложность задания какого-либо объекта (x) может быть облегчена тем, что часто задан какой-либо другой объект (y), так что в соответствии с [9] возможно определение условной сложности $K_s(x | y) = \min l_{(s)}$, где s — способ задания, $l_{(s)}$ — длина описания объекта. Если условная сложность $K_s(x | y)$ существенно меньше, чем безусловная сложность $K_s(x)$, то естественно предположить, что в объекте y содержится некоторая информация (знания) об объекте x .

Разность

$$I_s(x | y) = K_s(x) - K_s(x | y) \quad (3)$$

принимается за меру информации (знаний) об x , содержащейся в y .

Колмогоровские оценки непосредственно связаны с главной процедурой извлечения знаний из данных, характерной для научных исследований независимо

от их области. В ТД-исследованиях они носят принципиально более глубокий характер. Речь идет о *механизме обобщения* на основе метасистемных переходов [10] в многоуровневой системе знаний (S), условно выраженном в виде

$$S = \sum S_i, \quad i=1, 2, \dots, m \text{ (число уровней);}$$

$${}^i S_i = C_i + \sum_j S_{ij}, \quad j=1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

n — число обобщаемых понятий-объектов на каждом i -м уровне, S_i — концептуальная система i -го уровня, C_i — механизм управления процедурой обобщения на i -м уровне.

Очевидно, конструирование механизма (4), лежащего в основе методологии научных исследований, непосредственно связано с созданием концептуально-понятийного каркаса соответствующих научных теорий. Таким каркасом может служить совокупность формальных компьютерных онтологий конкретных ПрО исследований.

Компьютерные онтологии в настоящее время интенсивно развиваются как раздел информатики: теоретической и практической (возникло даже направление инженерии знаний — онтологический инжиниринг) [11–13]. Актуальность данного направления представляется очевидной в связи с двумя главными обстоятельствами.

Первое из них связано с тем, что компьютерные онтологии являются одновременно и результатом развития и инструментом knowledge-engineering, т.е. они выступают в качестве средства концептуализации научной теории, а также спецификации и формализации баз знаний определенных ПрО, выполняя при этом функции классификации, структурирования, упорядочения, интеграции и инструмента при использовании знаний.

Второе обстоятельство связано с функциями онтологий в пространстве современных знаний. Речь идет о построении эффективного механизма поиска информации, релевантной запросу пользователя, исходя из его первичной системы знаний в интересующей ПрО и адекватного отображения объекта его интересов в структурированные семантические модели, связывающие базовые концепты отношениями порядка (род – вид, класс – подкласс, часть – целое, объект – свойство и др.), и более сложным путем организованные устойчивые конструкции для организации запросов в пространстве Интернет и формирования ответов с «хорошо» определенной семантикой, а также семантического маркирования ресурсов.

Общая задача онтологии — скомпенсировать отсутствие стандартов на представление знаний при взаимодействии пользователя с информационными системами и последних между собой.

Формально онтологию можно представлять упорядоченной четверкой:

$$O = \langle X, R, F, A \rangle, \quad (5)$$

где X, R, F, A — конечные множества соответственно: X — концептов (понятий терминов) ПрО, R — отношений между ними, F — функций интерпретации X и R , A — аксиом.

Выражение (5) или онтологическое описание конкретной ПрО реализуется в виде онтологического графа (как правило, ациклического ориентированного), тезауруса базовых понятий (концептов) ПрО и отношений между ними, перечня базовых аксиоматических определений, представляющих основу машины вывода.

Онтология реальной онтолого-управляемой информационной системы содержит в общем случае три иерархически связанные компоненты: метаонтологию, оперирующую с концептами общего характера (в расширенном варианте — это языково-онтологическая картина мира), предметную онтологию и онтологию приложений.

В качестве основных онтолого-управляемых функций можно назвать:

- эффективное компактное представление и отображение системы знаний конкретной ПрО на базе современных информационных технологий;
- поиск информации в системе знаний ПрО (справочные, обучающие системы);
- поиск необходимой информации в Интернет;
- постановка и решение прикладных задач в заданной ПрО (научных исследований, проектирования объектов новой техники и технологий и пр.: методы, методики, варианты решений);
- интегрирование знаний в одной или нескольких ПрО;
- развитие системы и получение новых знаний (либо упорядочение существующих, проверка их непротиворечивости, коррекция категориального дерева и пр.).

Все указанные функции реализуются в специальном классе знание-ориентированных интеллектуальных компьютерных систем (ИКС), а именно, онтолого-управляемых ИКС.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

Теория и практика создания и использования систем, основанных на знаниях, — наиболее актуальное и интенсивно развивающееся направление Computer Science, позволяющее повысить эффективность создания и применения компьютерных технологий, прикладных систем, инструментальных средств. Сложность указанной проблемы определяется, в частности, сложностью построения, организации и использования больших баз формализованных знаний, а также привлечением целого ряда научных теорий (логики, компьютерной лингвистики, нейрокибернетики, теории семантических сетей и др.), которые, вполне очевидно, должны способствовать решению проблемы извлечения, формального представления, обработки и системной интеграции знаний, составив концептуально-методологическую основу *теории трансдисциплинарных научных исследований* [7, 13, 14]. Создание онтолого-управляемых ИКС для таких исследований тесно связано с разработкой теоретических основ и методологии проектирования, включающих фундаментальные принципы построения обобщенной архитектуры и структуры системы, формальную модель и методологию проектирования онтологии ПрО и представления знаний в целом, обобщенные алгоритмы процедур обработки знаний и др. В свою очередь, каждая из перечисленных составляющих общей методологии проектирования сопряжена с решением сложных научно-технических проблем. Например, разработка онтологии ПрО предопределяет концептуализацию онтологических категорий, разработку и усовершенствование иерархических структур сущностей на всех уровнях, построение формальной системы аксиом и ограничений. Комплексное решение указанных задач проектирования должно повысить *роль онтологических* (концептуальных) *знаний* при решении конкретных задач в прикладных областях [13].

Выполнение перечисленных выше функций предполагает обращение ИКС к встроенному онтологическому графу, соответствующему представлению (5), вершины и ребра которого нагружены этими функциями, как показано на рис. 2, где $\{F_j^i\}$, $i, j = 1, 2, \dots$, — множество функций (сервисов), приписанных вершинам графа из множества $\{X_j^i\}$, $i, j = 1, 2, \dots$, i, j — текущие номера уровней и вершин на каждом уровне соответственно. Аналогично приписываются функции, принадлежащие ребрам онтографа $\{F(R_{jk}^i)\}$. Активизация функций проис-

ходит в момент пребывания онтографа в состояниях X_j^i — для функций $F(X_j^i)$, и в момент перехода $X_j^i \rightarrow X_{j_k}^{i+1}$ — для функций $F(R_{j_k}^i)$ соответственно.

Параллельное развитие концепции систем с сервис-ориентированной (СО) и онтолого-управляемой архитектурами привело, в конце концов, к таким понятиям и объектам, как сервис-ориентированные онтологии (СОО) и знания (СОЗ), а также сервис-ориентированные онтолого-управляемые интеллектуальные компьютерные системы (СООУ-ИКС). Как инструмент разработки программного обеспечения СО-архитектуры (СОА) предполагают использование открытых стандартов XML, Web-сервисов и их приложений,

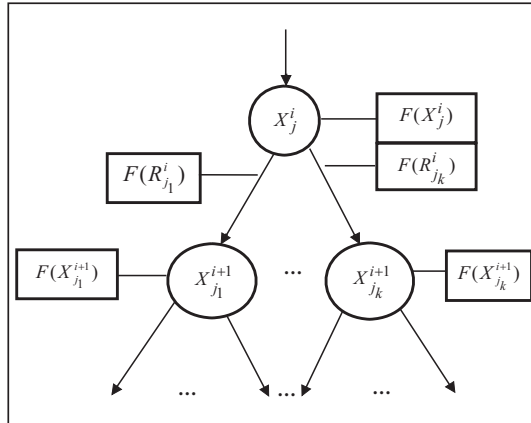


Рис. 2. Фрагмент нагруженного онтографа

включая взаимодействие с пользователем. В отличие от традиционных СОА системы класса СООУ-ИКС разрабатываются для операций с конструктивно представленными знаниями (сервисы знаний). Стандарты на унифицированное представление сервисов знаний и их интерфейсы пока не разработаны. Очевидно, при их разработке необходимо ориентироваться на особенности СОО и существующие протоколы Web-сервисов.

При создании онтолого-управляемых ИКС следует выделить три аспекта исследований — онтологический, системологический и методологический.

Развитие архитектуры интеллектуальных компьютерных систем целесообразно рассматривать с позиции двуединства внешней (ориентированной на пользователя) и внутренней (интеллектуализация и многоуровневое распределение функций) архитектур [15]. Их гармоническая взаимосвязь обеспечивает суммарную эффективность ИКС.

Особенность настоящего периода развития информационных техники и технологий состоит в интеграции результатов двух некогда параллельно и независимо развивающихся областей искусственного интеллекта: knowledge-engineering и компьютерной лингвистики (когнитивной семантики), что отражает, вообще говоря, естественную схему взаимодействия человека с окружающим миром. Сознание в ней выступает в качестве персонифицированного инструмента, вырабатывающего совокупность предметно, ситуационно или причинно-связанных сущностей, составляющих «сознательную» картину мира.

Построение эффективной архитектуры знание-ориентированных информационных систем предполагает конструктивное использование таких разделов современной информатики: knowledge-processing, прагматическая модель языкового сознания, виртуальная парадигма и ее приложения.

Обобщенная схема функционирования интеллектуальной информационной компьютерной системы для научных исследований (как электронного эквивалента сознания) может быть выражена продукционной цепочкой: «входной сигнал → система знаний → реакция».

ИКС имеет предварительно сформулированные цели (дальние и ближние) и установки (формируются на основе приоритетов и критериев, выработанных в ре-

жиме обратной связи в процессе взаимодействия с внешней информационной средой). Основой предметной деятельности ИКС является *система знаний*, которую можно представить в виде подсистемы общих знаний, взаимодействующей с множеством подсистем знаний в ПрО.

На рис. 3 представлена архитектура ИКС, в которую заложен механизм саморазвития базы знаний в ПрО.



Рис. 3. Архитектура развивающейся ИКС

Этот механизм основан на онтологическом управлении процессами поиска релевантной информации во внешнем информационном пространстве и построении формализованной базы знаний (ФБЗ). При этом развитие ФБЗ осуществляется двумя путями [15]:

- за счет извлечения новых фактов и знаний из внешней информационной среды (Интернет);
- за счет генерации новых знаний на основе существующих с использованием механизма вывода;
- в ходе целенаправленного творческого процесса пользователя.

Функционирование ИКС происходит при этом в двух режимах:

а) отработка целевых заданий (внешних и внутренних): активизация процесса, актуализация информации, релевантной одной либо нескольким ПрО, и размещение ее в памяти, разрешение проблемной ситуации (решение задачи), выработка, систематизация и выдача результирующих продукций (в случае знание-ориентированной предметной деятельности — приращение знаний);

б) совершенствование ИКС как информационной системы в соответствии с общей стратегией развития: инвентаризация и систематизация знаний (расширение мета-знаний), формализация и когнитивизация представлений, онтологизация и интерпретационное расширение системы знаний, объема реакций и ассоциативных связей.

Можно выделить два основных класса задач (как общего, так и научно-технического плана), которые возникают перед ИКС.

1. Задано множество X исходных объектов. Известен алгоритм F (способ, функционал, отображение) решения задачи. Необходимо определить искомое множество Y объектов таких, что $Y = F(X)$.

2. Заданы исходная S_i и целевая S_0 ситуации. Необходимо определить способ (путь) перехода $R : S_i \rightarrow S_0$.

В частном случае: $S_i \approx X; S_0 \approx Y; R \approx F$.

Среди задач класса 1 существует подкласс так называемых проблемных задач, где определение искомого перехода связано с решением сложной (научно-технической) проблемы. На практике существует множество задач, которые носят смешанный характер. Например, F не полностью определен в случае 1 либо имеется некоторая априорная информация об R , зато не полностью определена ситуация S_0 в случае 2 и пр.

В основе проектирования ИКС лежит *технология системной интеграции* (ТСИ), которая основывается на совокупности методов и средств, обеспечивающих выполнение всех этапов жизненного цикла создания объектов новой техники и технологий на основе типовых проектных решений [16]. ТСИ — это основной инструмент проектирования, применяемый на всех этапах жизненного цикла и представляющий набор методов, инструментальных средств и формализованных процедур:

- построение компонентов более высокого уровня (и системы в целом) из компонентов более низкого уровня;
- обеспечение взаимодействия этих компонентов на всех этапах создания системы, начиная с этапов проектирования и заканчивая этапами ее производства и эксплуатации;
- систематизация типовых проектных решений, создание библиотеки стандартизованных функциональных узлов и блоков.

Методологической основой современной ТСИ является метод формализованных спецификаций, технологической — международные стандарты на системы, программно-аппаратные компоненты, характеристики интерфейсов, технологические операции, эксплуатационные нормы.

СЕТЬ ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНЫХ ЗНАНИЙ

Современные инструментальные информационные технологии с текст-процессингом, семантическим анализом и обобщением смыслового контента позволяют в значительной степени автоматизировать процесс описания знаний ПрО. Каждое такое описание представляется цепочкой «онтология–формальное изложение научной теории–прикладная система». Тогда архитектуру единой трансдисциплинарной сети знаний можно представить в виде рис. 4. Здесь O_1-O_n — онтологии ПрО, T_1-T_n — формальное представление научных теорий, $ПС_1-ПС_n$ — соответствующие прикладные системы, ОКУ — онтология категориального уровня, ГИИ — глобальная информационная инфраструктура (next generation network).

Роль ОКУ состоит в обеспечении междисциплинарного взаимодействия на уровне общего языка категорий. Роль онтологий предметных знаний, кроме традиционных функций концептуализации и спецификации научных теорий, заключается в реализации онтологического управления на уровне архитектуры ИКС либо ГИИ.

Сеть трансдисциплинарных знаний (СТЗ), в настоящее время отсутствующая, есть, по сути, надстройка над существующей Интернет-сетью, которая, в свою очередь, эволюционирует в направлении Semantic Web. С другой стороны, в последние годы получили интенсивное развитие сенсорные измерительные сети, обеспечивая Интернету первичную информацию об окружающем мире. В [17] речь идет о единой сенсорной сети CeNCE-Central Nervous System for Earth, которая должна строиться на основе стандартов открытых универсальных протоколов и интерфейсов и обладать свойствами самоорганизации, самовосста-

новления и динамической адаптации структуры в зависимости от изменений внешней среды. Развитию глобальной сенсорной сети (сети первичной информации) способствует современное состояние и амбициозные в области и технологий микро- и наноэлектромеханических систем (сенсоров), тенденции их интеллектуализации, оснащения средствами радиосвязи [17, 18].

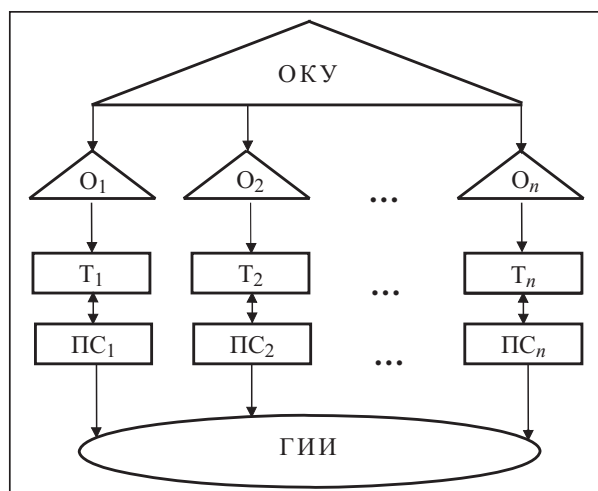


Рис. 4. Архитектура сети трансдисциплинарных знаний

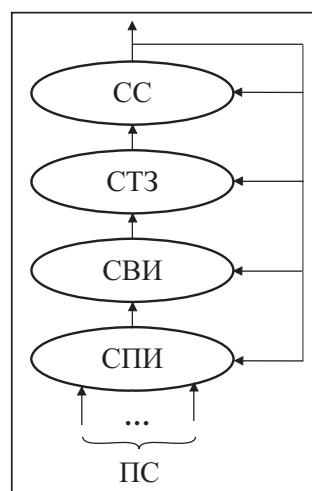


Рис. 5. Глобальная многоуровневая информационная сеть

В итоге современный Интернет превращается в многоуровневую глобальную информационную сеть, объединяющую средства и технологии получения первичной информации о современном окружающем мире и data mining, а также системы получения и обработки формализованных знаний, предоставления на их основе сервисов в виде решений конкретных задач пользователя. Такая глобальная многоуровневая информационная сеть показана на рис. 5. Здесь СПИ — сеть первичной информации, СВИ — сеть вторичной информации (Semantic Web), СТЗ — сеть трансдисциплинарных знаний, СС — сервисная сеть, ПС — пользовательские системы.

Петля обратной связи отмечает возможность использования определенных сервисов, предоставляемых СС, для управления сетями нижних уровней, включая специальные центры обработки данных сенсоров и сенсорных измерительных сетей (входят в состав СПИ).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие NBIC-кластера конвергенции открывает широкие, пока полностью не оцененные возможности глобального знание-ориентированого Интернета, а с ним — и всей современной цивилизации. Очевидно, это развитие будет идти по пути создания вначале прикладных распределенных систем в конкретных Про (телемедицина, экологический мониторинг, информационное сопровождение товаров и услуг, энергетические системы, коммунальные службы и пр.), повышения их интеллектуального уровня. Центральное место в них займут Grid-технологии и Cloud-computing, а также виртуальные организации, структуры и сервисы. Постановка и реализация трансдисциплинарных проектов высокой сложности с особой четкостью проявит при этом системообразующую функцию информатики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nicolescu B. Transdisciplinarity — Theory and Practice. — Cresskill, NJ: Hampton Press, 2008. — 320 p.
2. Nicolescu B. Transdisciplinarity — past, present and future / B. Haverkott, C. Reijntjes (Eds.) // Moving Worldviews Conf. Proc. — Leusden, the Netherlands: ETC/Compas. — P. 142–165.
3. Киященко Л.П. Феномен трансдисциплинарности — опыт философского анализа // Santalka, Filosofia. — 2006. — **14**, N 1. — P. 17–37.
4. Мокий В.С. Методологии трансдисциплинарности. — Нальчик: Ин-т трансдисциплинарных технологий, 2011. — 59 с.
5. Прайд В., Медведев Д.А. Феномен NBIC-конвергенции: реальности и ожидание // Философские науки. — 2008. — № 1. — С. 97–117.
6. Лебедев С.А., Кудрявцев И.К. Детерминизм и недетерминизм в развитии естествознания // Вестн. Москов. ун-та. Сер. 7. Философия. — 2005. — № 6. — С. 3–20.
7. Палагин О.В., Кургаев О.П. Міждисциплінарні наукові дослідження: оптимізація системно-інформаційної підтримки // Вісн. НАН України. — 2009. — № 3.— С. 14–25.
8. Palagin A., Kurgaev A. The problem of scientific research effectiveness // Intern. Journ. «Information Theories and Applications» (ITHEA). — 2010. — **17**, N 1. — P. 88–99.
9. Колмогоров Н.А. Теория информации и теория алгоритмов. — М.: Наука, 1987. — 304 с.
10. Турчин В.Ф. Феномен науки: кибернетический подход к эволюции. Изд. 2-е. — М.: ЭТС, 2000. — 368 с.
11. Палагин А.В., Петренко Н.Г. К вопросу системно-онтологической интеграции знаний предметной области // Математичні машини і системи. — 2007. — № 3, 4. — С. 63–75.
12. Палагин А.В., Петренко Н.Г. К проектированию онтологоуправляемой информационной системы с обработкой естественно-языковых объектов // Там же. — 2008. — № 2. — С. 14–23.
13. Палагин А.В., Кривый С.Л., Петренко Н.Г. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний. — Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. — 323 с.
14. Palagin A. Information technologies for solution of complex science and technical problems // Розподілені комп'ютерні системи. Зб. праць Ювілейної між нар. наук.-практ. конф., РКС, 2010. — **1**. — С. 12–13.
15. Палагин А.В. Архитектура онтологоуправляемых компьютерных систем // Кибернетика и системный анализ. — 2006. — № 2. — С. 111–124.
16. Палагин А.В., Яковлев Ю.С. Системная интеграция средств компьютерной техники. — Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. — 680 с.
17. Майская В. Амбициозные планы промышленности МЭМС // Электроника: НТБ. — 2012. — № 8. — С. 100–105.
18. Новиков В.Н., Федудева М.В. Распределенные измерительные системы на основе сетевых технологий // Датчики и системы. — 2012. — № 9. — С. 38–41.

Поступила 18.03.2012