

УДК 004. 415

А. В. Палагин¹, Н. Г. Петренко², В. Н. Кулаковский³, М. П. Слабковская⁴¹ ИКНАУ, м. Киев, Украина, palagin_a@ukr.net² ИКНАУ, м. Киев, Украина, petrng@ukr.net³ ИСМНАУ, м. Киев, Украина, kvn@ism.kiev.ua⁴ ИКНАУ, м. Киев, Украина, mslabkovska@gmail.com

К ПРОЕКТИРОВАНИЮ АРХИТЕКТУРЫ КОМПОНЕНТОВ ЗОИС ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассмотрены концептуальные положения методологии междисциплинарных научных исследований и предложены средства ее реализации в виде архитектуры знание-ориентированной информационной системы с акцентом на ее онтологическую подсистему. Последняя представлена компонентами метауровня, уровнями домена, предметной области и приложений. Кратко описаны режимы функционирования ЗОИС и механизм онтологического управления, ориентированные на парадигму развивающихся интеллектуальных систем.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ЗНАНИЕ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМА, ОНТОЛОГО-УПРАВЛЯЕМАЯ АРХИТЕКТУРА, КОМПЬЮТЕРНАЯ ОНТОЛОГИЯ

Введение

Современный этап развития науки и ее приложений носит явно междисциплинарный характер, что обусловило необходимость разработки методологии междисциплинарных научных исследований, включая новые перспективные архитектуры интеллектуальных компьютерных систем (или знание-ориентированных информационных систем с онтолого-управляемой архитектурой (ЗОИС)). Междисциплинарная парадигма предполагает построение единой междисциплинарной системы знаний, обеспечивающей формализованную постановку и решение конкретных задач при выполнении перспективных научных исследований. Многочисленные публикации последних лет в данной области посвящены в большинстве своем общефилософским проблемам трансдисциплинарных исследований, их феноменологической сущности, понятийным аспектам [1–5]. Среди них заслуживают особого интереса публикации, излагающие вопросы методологии трансдисциплинарных исследований и прикладные аспекты [2, 5]. Наука не в состоянии решить сложные междисциплинарные проблемы вследствие разобщенности научных дисциплин и их специализации, слабой координации научных коллективов и их тематики, отсутствия системного мониторинга и общего формализованного языка представления знаний. 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 естествознанию 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. Информатика же владеет кроме четкого математического базиса также и технологиями постановки и решения сложных научно-технических проблем.

1. Методология междисциплинарных знаний

Междисциплинарные исследования, захватывая зоны пограничных (демаркационных) ареалов научных дисциплин, интегрируют существенные 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 междисциплинарных исследований и связанных с ними практических проектов, нетривиальности и значимости их результатов.

Одной из главных задач междисциплинарных исследований является обеспечение эффективного междисциплинарного взаимодействия на всех этапах жизненного цикла решения фундаментальных и прикладных научных проблем [6]. На первый план выходят задачи методологического сопровождения и обеспечения процессов интеграции и унифицированного формализованного представления междисциплинарных знаний и операций над ними при решении научных и практических проблем анализа и синтеза сложных систем,

установления принципов междисциплинарного взаимодействия в виде согласования понятий, методов исследований и интерпретации их результатов. Таким образом, путь к междисциплинарности лежит через создание *системологии междисциплинарного взаимодействия* как самостоятельной отрасли знаний либо отдельного раздела информатики, имея в виду ее системообразующую функцию.

Сущность междисциплинарного подхода к исследованию комплексных научно-технических проблем состоит в эффективном обеспечении двуединства концепций углубления конкретных знаний в предметной области (ПдО), с одной стороны, и расширения охвата проблемы, исходя из реальности единства мира, и стремления воссоздать целостную научную картину мира – с другой.

Его реализация состоит в выяснении новых закономерностей по результатам системной интеграции исходных научных теорий путем обмена понятиями и методами разных наук, формирования новых понятий, категорий, новых научных теорий, обобщающих исходные и расширяющих диапазон междисциплинарности в направлении построения *глобальной интегрированной онтолого-управляемой 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.

Следует отметить нетривиальность и высокую сложность 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 [6]. Такими средствами могут быть знание-ориентированные информационные системы с онтолого-управляемой архитектурой.

Конструирование механизма, лежащего в основе методологии научных исследований, непосредственно связано с созданием концептуально-понятийного каркаса соответствующих научных теорий, в качестве которого может служить совокупность формальных компьютерных онтологий конкретных предметных областей исследований.

2. Компьютерные онтологии

Компьютерные онтологии являются интенсивно развивающимся в настоящее время разделом информатики как теоретической, так и практической, возник даже раздел инженерии знаний, названный онтологическим инжинирингом. Актуальность данного направления представляется очевидной и обоснованной [7].

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:

$$O = \langle X, R, F, A \rangle,$$

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

Онтологическое описание конкретной предметной области реализуется в виде онтологического графа (как правило, ациклически ориентированного), тезауруса базовых понятий (концептов) предметной области и отношений между ними, перечня базовых аксиоматических определений, представляющих основу машины вывода.

Онтология реальной ЗОИС содержит в общем случае три иерархически связанных компонента: метаонтологию, оперирующую с концептами общего характера (в расширенном варианте – это языково-онтологическая картина мира), предметную онтологию и онтологию приложений.

Развитие онтологического инжиниринга, а также ЗОИС, связано с совершенствованием методов компьютерной обработки предметно-ориентированных знаний. Нетрудно заметить, что хорошо проработанные методы и средства обработки информации для решения прикладных задач в узкоспециализированных предметных областях недостаточно проработаны для решения комплексных задач, связанных с поиском релевантной информации, ее лингвистическим анализом, формально-логическим представлением в рамках подходящей формальной теории, извлечением предметных знаний и их последующим использованием для решения прикладных задач в произвольных предметных областях. Отсюда следует актуальность и важность разработки новых научных методов и подходов к построению знание-ориентированных информационных систем, соответствующих технологий и, наконец, инструментальных средств автоматизированного построения баз знаний предметных областей. Решение данной проблемы является основополагающим на пути разработки общей теории понимания, формирования, представления и обработки предметно-ориентированных знаний, извлеченных из естественно-языковых текстов, методами искусственного интеллекта [7].

Основными онтолого-управляемыми функциями являются [8]:

- эффективное компактное представление системы знаний конкретной ПдО на базе современных информационных технологий (спецификация, концептуализация);
- поиск информации в системе знаний ПдО (справочные, обучающие системы);

- поиск необходимой информации в пространстве Интернет;
- постановка и решение прикладных задач в заданной ПдО (научных исследований и экспериментов, проектирования объектов новой техники и технологий и др.);
- развитие системы и получение новых знаний в соответствии с концептуальной моделью обработки знаний.

3. Архитектура ЗОИС

Развитие архитектуры ЗОИС целесообразно рассматривать с позиции двуединства внешней (ориентированной на пользователя) и внутренней (интеллектуализация и многоуровневое распределение функций) архитектур. Их гармоническая взаимосвязь обеспечивает суммарную эффективность системы.

Обобщенная схема функционирования интеллектуальной информационной компьютерной системы для научных исследований (как электронного эквивалента сознания), может быть выражена продукционной цепочкой: «входной сигнал → система знаний → реакция». Такая система имеет предварительно сформулированные цели (дальние и ближние) и установки (формируются на основе приоритетов и критериев, выработанных в режиме обратной связи в процессе взаимодействия с внешней информационной средой). Основой предметной деятельности ЗОИС является *система знаний*, которую можно представить в виде подсистемы общих знаний, взаимодействующей с множеством подсистем знаний в предметных областях.

Ниже будут рассмотрены в обобщенном виде архитектура и режимы функционирования ЗОИС и ее онтологическая подсистема, являющиеся

основными компонентами реализации методологии междисциплинарных научных исследований.

Архитектура ЗОИС (рис. 1) включает знание-ориентированную подсистему, подсистему манипулирования (экстра) лингвистической информацией, интерфейс пользователя, онтологическую подсистему и подсистему базового процессинга. Сюда следует отнести и внешние источники информации как важную компоненту извлечения и пополнения знаний в соответствии с целенаправленной деятельностью ЗОИС [8].

Такая композиция подсистем и блоков ЗОИС позволяет реализовать (в том числе) цепочку обобщенных процедур: “*обработка естественно-языковой информации → формальное логико-онтологическое представление естественно-языковой информации → компьютерная обработка знаний*”, которые соответствуют интегрированной информационной технологии работы со знаниями.

4. Функционирование ЗОИС

ЗОИС функционирует в двух режимах [8]:

- 1) отработка целевых заданий (внешних и внутренних), в частности, активизация процесса, актуализация информации, релевантной одной или нескольким ПдО, и размещение ее в памяти, решение поставленной проблемы (задачи), выработка, систематизация и выдача результирующих продукций (в случае знание-ориентированной деятельности – приращение знаний (по Бруксу));
- 2) развитие ЗОИС как системы согласно общей стратегии развития: инвентаризация и систематизация знаний (расширение метазнаний), формализация и когнитивизация представлений, интерпретационное расширение системы знаний, увеличение объема реакций и ассоциативных связей.

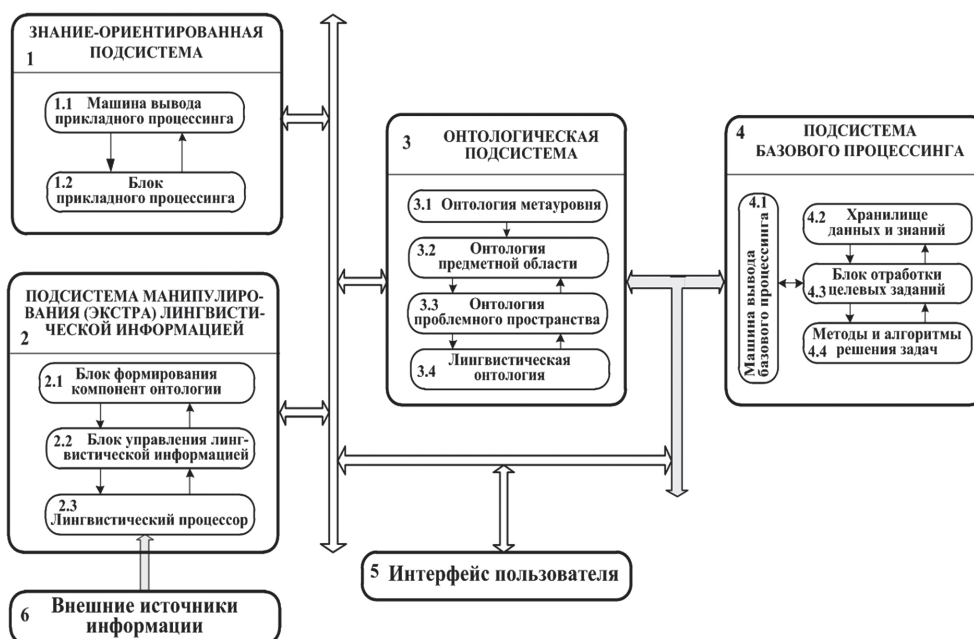


Рис. 1. Архитектура ЗОИС

5. Онтологическая подсистема ЗОИС

Онтологическая подсистема ЗОИС представлена на рис. 2, на котором приняты следующие обозначения:

- $ОД_k$ – онтология k -го домена предметных областей, где $k = \overline{1, K}$, $K = Card OD$ – мощность множества онтологий доменов, интегрированных в библиотеку;
- O_i – онтология, где $i = \overline{1, I}$, $I = Card PdO$ – мощность множества онтологий предметных областей, интегрированных в библиотеку;
- OZ_i^j – онтология j -го класса задач i -ой предметной области, где $j = \overline{1, J}$, $J = Card OZ$ – мощность множества класса задач i -ой предметной области;
- $ЛО_i$ – лингвистическая онтология i -ой предметной области (или общая);
- $ОВУ$ – онтология верхнего уровня;
- $ЯОКМ$ – языково-онтологическая картина мира;
- 1 – обработка грамматических неоднозначностей;
- 2 – построение поверхностных семантических структур;
- 3 – обработка семантических неоднозначностей;
- 4 – обработка концептуальных структур.

Онтологическая подсистема имеет ряд характерных особенностей [7]:

- композиция онтологий разного уровня и назначения как по вертикали, так и по горизонтали. По вертикали интегрируются онтология верхнего уровня, онтология домена предметных областей и онтология предметной области. По горизонтали интегрируются онтологии предметных знаний

и знаний проблемного пространства. В свою очередь, предметные знания взаимодействуют с языковыми знаниями через лингвистическую онтологию предметной области. Отметим, что роль онтологии верхнего уровня 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 знание-ориентированной информационной системы.

– эффективное унифицированное и многократное использование онтологии предметной области для разных классов задач заданной предметной области. Будучи один раз построенной, онтология PdO пригодна для решения произвольного набора задач. При этом для нового класса задач (и отдельно взятой задачи) составляется ее расширенная спецификация на некотором языке, близком к естественному, которая затем анализируется лингвистическими средствами знание-ориентированной информационной системы. Результат анализа передается в блок решателя задач, где формируется метод и соответствующий алгоритм, а также активизируются фрагменты онтографов объектов и процессов решения задачи;

– результатом целевой композиции компонентов архитектуры ЗОИС на основе онтологического метода является синтез структуры инструментального комплекса автоматизированного построения онтологических баз знаний предметных областей [7];

– применение произвольной онтологии (простой, смешанной или формальной) имеет высокую степень эффективности

в обучении. ЗОИС, имеющая в своем составе формальную онтологию предметной дисциплины, позволяет реализовать все преимущества электронного образования, в том числе и дистанционного обучения. Наиболее полно указанные свойства проявляются при использовании и взаимодействии онтологий двух уровней – онтология домена предметных дисциплин (это может быть множество дисциплин, читаемых на кафедре или факультете) и онтологий курсов самих предметных дисциплин. При этом естественным образом находят решение проблемы открытости и закрытости систем обучения,

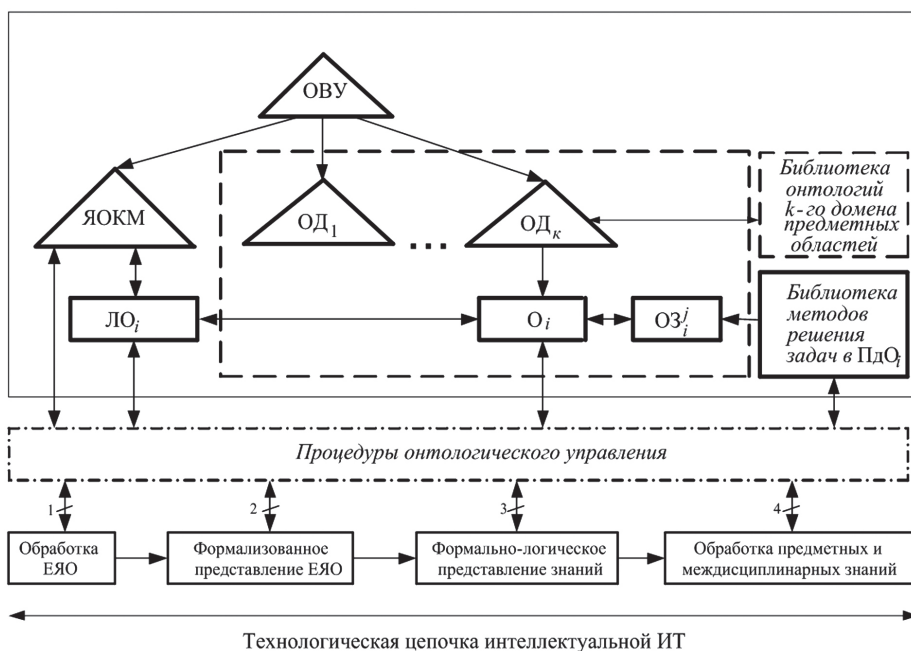


Рис. 2. Онтологическая подсистема ЗОИС

единообразия представления понятийных структур обучения, автоматизированного построения новых курсов обучения с учетом накопленных преподавателями кафедры знаний и др.

Выводы

Таким образом, механизм онтологического управления, ориентированный на парадигму развивающихся интеллектуальных систем основан на следующих признаках и процедурах ЗОИС.

Активность (во времени) онтологической подсистемы, реализующей полный набор связей с другими подсистемами и внешним миром/пользователями (булеан *онтолого-управляемых* коммуникаций).

Развитая система средств (процедур) отработки целевых заданий и хранилищ знаний и данных, а в общем, целенаправленной деятельности ЗОИС.

Развитый предметный уровень управления, формирующий требуемые взаимосвязи между различными составляющими онтолого-управления и двуединый процесс обработки онто-знаний, с одной стороны, являющихся инструментом переработки информации, а с другой – результатом базового (накопления и приращения знаний) и прикладного процессинга.

Сформулированные *дальние и ближние цели и установки*, учитывающие приоритеты и критерии, выработанные в режиме обратной связи в процессе взаимодействия с внешней средой. При этом одной из наиболее важных целей является совершенствование ЗОИС как информационной системы в соответствии с общей стратегией развития интеллектуальных систем.

Взаимосвязь когнитивных и креативных процессов расширения знаний, опирающихся на механизмы понимания (извлечения знаний из естественно-языковых текстов) и обобщения (поступательного движения вверх по уровням категориальной решетки).

Взаимосвязь “сознательной” и “языковой” картин мира на предметном уровне реализуется посредством лингвистической онтологии ПДО.

Простая настройка на заданную предметную область как для решения задач пользователя, так и для саморазвития системы (создание базы знаний, их накопление, обновление и т. п.).

Ориентация онтолого-управляемой архитектуры на технологию реконфигурируемого процессинга, обеспечивающего адаптивность ЗОИС благодаря наличию архитектурных и технологических возможностей настройки в условиях априорной и текущей неопределенностей на основе обучения и опыта.

Очевидно, возможности развития глобального знание-ориентированного Интернета будут идти по пути создания вначале прикладных распределенных систем в конкретных предметных областях

(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 междисциплинарных проектов высокой сложности с особой четкостью проявят при этом системообразующую функцию информатики.

Список литературы: 1. *Basarab Nicolescu*. Transdisciplinarity – Theory and Practice (Ed.), Hampton Press, Cresskill, NJ, USA. – 2008. 2. *Nicolescu B.* Transdisciplinarity – past, present and future. In Haverkott B. and Reijntjes C. (Eds), Moving Worldviews Conference Proceeding (pp. 142-165). Leusden, the Netherlands: ETC /Compas. 3. *Киященко Л.П.* Феномен трансдисциплинарности – опыт философского анализа / Л.П. Киященко // Santalka, Filosofia. – 2006. – Т. 14, № 1. – С. 17–37. 4. *Мокий В.С.* Методологии трансдисциплинарности – 4 / В.С. Мокий. – Нальчик. Институт трансдисциплинарных технологий, 2011. – 59 с. 5. *Прайд Валерия.* Феномен NBIC-конвергенции: Реальности и ожидание / Валерия Прайд, Д.А. Медведев // Философские науки. – 2008. – № 1. – С. 97–117. 6. *Палагин О.В.* Міждисциплінарні наукові дослідження: оптимізація системно-інформаційної підтримки / О.В. Палагін, О.П. Кургаєв // Вісник НАН України. – 2009. – № 3. – С. 14–25. 7. *Палагин А.В.* Онтологические методы и средства обработки предметных знаний / О.В. Палагін, С.Л. Крытый, Н.Г. Петренко. – [Монография]. – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 324 с. 8. *Палагин А.В.* Архитектура онтолого-управляемых компьютерных систем / О.В. Палагін // Кибернетика и системный анализ. – 2006. – № 2. – С. 111–124.

Поступила в редколлегию 29.06.2013

УДК 004.415

До проектування архітектури компонент ЗОІС для перспективних наукових досліджень / О.В. Палагін, М.Г. Петренко, В.М. Кулаковський, М.П. Слабковська // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2013. – № 2 (81). – С. 110-114.

В статті зроблено спробу обґрунтування необхідності розробки системології міждисциплінарних наукових досліджень. Розглянуто узагальнену архітектуру та режими функціонування ЗОІС, онтологічну підсистему, які є основними компонентами реалізації описаних методологічних засад.

Іл. 2. Бібліогр.: 8 найм.

UDK 004.415

Designing of the knowledge based data systems architecture for advanced scientific researches / A.V. Palagin, N.G. Petrenko, V.N. Kulakovskiy, M.P. Slabkovska // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. – 2013. – № 2 (81). – P. 110-114.

The article is an attempt to justify the need to develop Systemology interdisciplinary research. We consider a generalized architecture and modes of operation KOIS, ontological subsystem, which are the main components of the implementation of the described methodological principles.

Fig. 2. Ref.: 8 items.