

А.В. Палагин, С.Л. Крытый, Н.Г. Петренко, Величко В.Ю.

## **Знание-ориентированные информационные системы с обработкой естественно-языковых объектов: онтологический подход**

**Введение.** В данной работе описан онтологический подход к разработке методологических и системотехнических основ конструирования и практического применения знание-ориентированных информационных систем (ЗОИС) с обработкой естественно-языковых объектов (ЕЯО). Указанный подход ориентирован на решение проблемы извлечения, формального представления, обработки и системной интеграции знаний. В процессе её решения выделяют *три аспекта исследований* – онтологический, логический и методологический. Эти аспекты имеют свои, в общем случае фиксированные объекты исследований, соответствующие процессу познания или разработке некоторой ЗОИС. В связи с ними все объекты могут быть поделены на три группы: система сущностей (или объектов реального мира), система знаний и система обработки сущностей в соответствии с данной системой знаний. Первая группа является предметом онтологического исследования (или онтологического подхода), вторая группа – логического исследования и третья – методологического. Главными составляющими последнего являются онто-инфологический подход к проектированию класса онтолого-управляемых информационных систем, парадигма двойственного участия онтологических знаний при языковой и проблемной обработке информации, а также виртуальная парадигма (в частности, архитектура компьютерной системы, ориентированная на технологию реконфигурируемого процессинга) [1]. К онтологическим аспектам относится широкий круг вопросов, начиная с формального описания компонент компьютерных онтологий и заканчивая решением практических задач в конкретных прикладных областях. Главный вектор исследований направлен на формализацию этапов построения, структурирования и представления знаний предметной области (ПдО) и интегрированного с ней проблемного пространства. В свою очередь, эффективная реализация указанных этапов и получение конечного результата (в виде базы знаний ПдО) невозможны без проведения системно-онтологического анализа заданной ПдО [2].

**Постановка задачи.** Прежде чем перейти к описанию сущности онтологического подхода (ОнП) в жизненном цикле ЗОИС (в [1] выделен подкласс онтолого-управляемых информационных систем – (ОУИС), обратимся к его философским аспектам, а точнее, к той совокупности общих научных дисциплин, методы и принципы которых непосредственно влияют на

формирование и становление ОнП. Такими дисциплинами являются *Онтология*<sup>1</sup>, *гносеология* (или *теория познания*), *общая логика* и *теория отражения* [3]<sup>2</sup>.

Содержание указанных дисциплин, в той или иной степени, характеризует триаду {Субъект (S) – Объект (O) – Отношение (R)}. Под *субъектом* понимается нечто действующее и познающее (в каком-то роде синоним к термину *Наблюдатель*, использованному в [1]). В более широком смысле под субъектом можно понимать воздействующую и отражающую систему любого уровня. Под *объектом* понимается отражаемая и подвергающаяся воздействию система, нечто познаваемое и изменяемое субъектом. С точки зрения системы  $\Lambda = \langle O, S, R \rangle$  известны следующие (нестрогие) определения упомянутых выше научных дисциплин [3].

**Онтология** – это учение о всеобщих свойствах и отношениях объективного мира, теория всеобщего, которая рассматривает объект вне его отношения к субъекту.

**Логика** (общая) – это учение о всеобщих структурах познания (субъекта), рассматриваемых как таковые, вне их отношения к объекту.

**Теория отражения** изучает отражательное отношение субъекта к объекту. Познание – частный случай и высшая форма отражения, а потому **теория познания** – есть результат спецификации общей теории отражения.

Роль указанных выше научных дисциплин рассмотрим на примере, где в качестве объекта выступает научная теория.

*Логика* рассматривает структуру этой теории независимо от того, что она отражает, каковы объективные основы этой структуры. С позиций *общей теории отражения* требуется охарактеризовать то общее отношение  $R$  между субъектом  $S$  и объектом  $O$ , которое выражается в теории. Синтез теории отражения и логики для целей теории познания дает общую **методологию**. Она “знает” и объективную направленность, и логическую структуру познавательных операций, но абстрагируется от социальных и психологических условий, их генезиса и функционирования.

Общее взаимодействие перечисленных научных дисциплин и системы  $\Lambda$  представлено на рис. 1.

Таким образом, в системе  $\Lambda$  разные специалисты, занимающие разные позиции, изучают разные предметы.

<sup>1</sup> Этот термин написан с прописной буквы, потому что в данном контексте он применим к онтологии как философской дисциплине, чтобы отличить от компьютерной онтологии.

<sup>2</sup> Сказанное можно в равной степени отнести и к двум другим аспектам исследования – методологическому и логическому [1].



средства поддержки автоматизированного построения О ПдО;  
 прикладная лингвистическая направленность ОУИС;  
 онто-инфологический подход к проектированию ОУИС;  
 режимы функционирования ОУИС.

### **Онтологический подход**

Онтологический подход в плане проектирования интеллектуальных информационных систем, ориентированных на решение конкретных задач пользователей, в многочисленной научной литературе трактуется по-разному. Очевидно, это связано с тем, что не существует его общепринятого определения, а направление онтологического инжиниринга находится в стадии развития и становления. Конкретные сообщества исследователей формулируют только определенные совокупности атрибутов (признаков, свойств, функций) использование которых при проектировании компьютерных систем указывает на ОнП. При этом сам ОнП трактуется как разновидность системного подхода, основанного на знаниях.

Будем полагать, что ЗОИС с обработкой знаний, содержащихся в ЕЯО, спроектирована с учетом *онтологического подхода*, если она обладает следующими характерными чертами:

1. Компьютерные онтологии (КО) обеспечивают эффективную машинную обработку общеязыковых и предметных знаний. Такие онтологии названы соответственно [1]: языково-онтологическая картина мира (ЯОКМ) и онтология ПдО. При этом информационным связующим звеном между ними выступает лингвистическая онтология ПдО;
2. В отличие от эмпирического подхода, являющегося основой “творчества и мудрости”, (системно) онтологический подход [2] предполагает строгую (насколько это возможно на текущий момент) систематизацию знаний любого уровня, в том числе категориального. Этот уровень представляется категориальной решеткой, или *онтологией верхнего уровня* (ОВУ) [7, 8, 10]. Проектирование ОВУ должно быть включено в общий алгоритм конструирования ОУИС.
3. Архитектурно-технологические особенности:
  - онтолого-управляемая архитектура (*ontology-driven architecture – ODA*) характеризуется высоким уровнем формализации представления О ПдО и механизмов онтолого-управляемости (вплоть до развивающихся систем);
  - высокая степень системной интеграции междисциплинарных знаний;
4. Использование средств поддержки автоматизированного построения онтологий ПдО (методика, технология и программно-аппаратная реализация).
5. Прикладная направленность технологии обработки информации и архитектурно-структурной организации ОУИС, поддержанная их сильной взаимосвязью [1].

6. Проектирование ОУИС выполняется на основе методов, принципов и механизмов онто-инфологического подхода (ОИП) [1].

7. Функционирование ОУИС в двух режимах: накопления предметных онтологических знаний и их обработки.

Архитектурно-структурная организация ОУИС [1] на рис. 2 представлена схемой фрагмента архитектуры, отображающей только её “онтологическую” компоненту во взаимосвязи с процессами и процедурами (технологической цепочкой) интегрированной информационной технологии (ИИТ) обработки знаний, извлекаемых из ЕЯО. На рис. 2 приняты следующие обозначения:  $ОД\ ПдО_k$  – онтология  $k$ -го домена предметных областей, где  $k = \overline{1, K}$ ,  $K = Card\ D$  – мощность множества онтологий доменов, интегрированных в библиотеку;  $ОИМ$  – онто-инфологическая модель;  $ЛО\ ПдО_i$  – лингвистическая онтология  $i$ -ой предметной области, где  $i = \overline{1, I}$ ,  $I = Card\ ПдО$  – мощность множества онтологий предметных областей, интегрированных в библиотеку; 1 – обработка омонимичных форм; 2 – построение поверхностных семантических структур; 3 – обработка семантических неоднозначностей; 4 – обработка концептуальных структур.

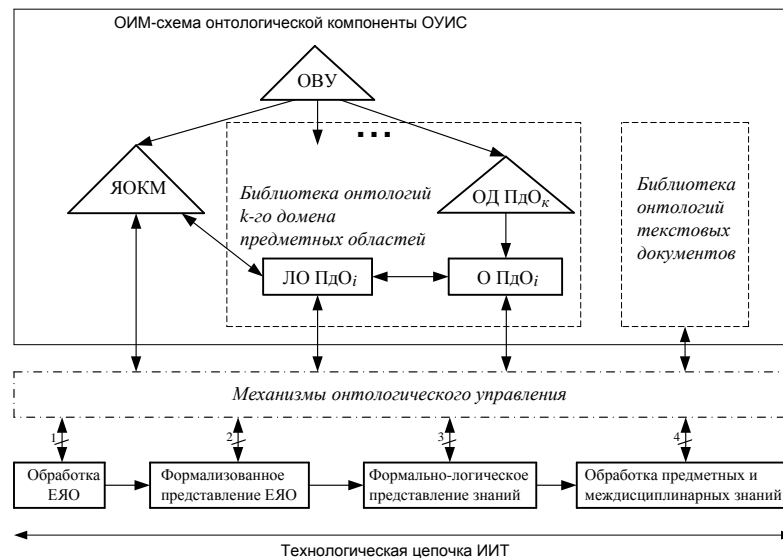


Рис. 2. Фрагмент архитектуры “онтологической” части ОУИС

Концептуальная модель ИИТ показана на рис. 3.

### **Компьютерные онтологии**

Компьютерные онтологии – это интенсивно развивающийся раздел информатики, как теоретической, так и практической [1, 8, 11]. Актуальность данного направления представляется очевидной в связи с двумя главными обстоятельствами.

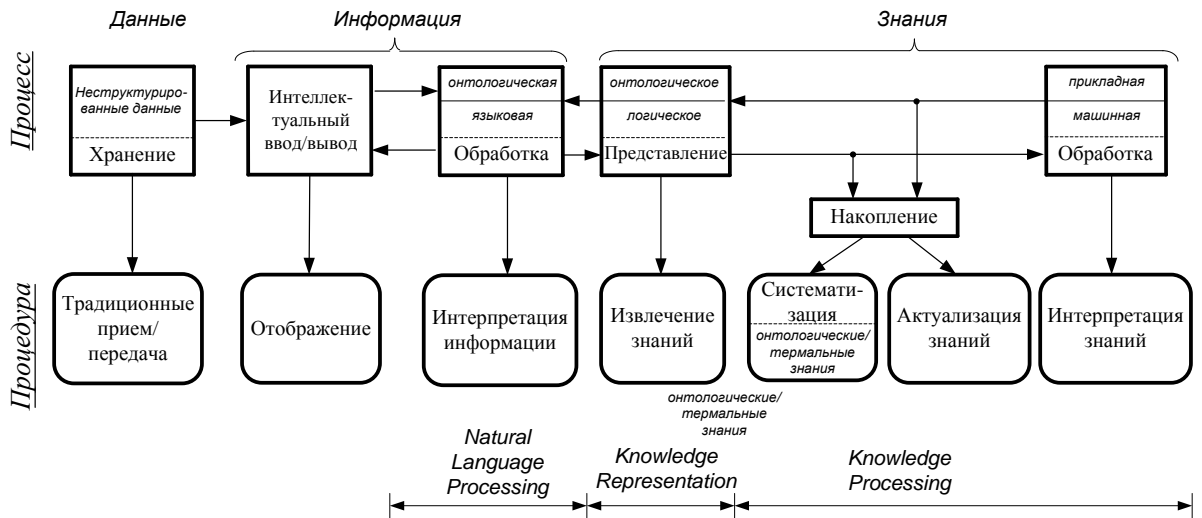


Рис.3. Концептуальная модель интегрированной информационной технологии обработки знаний, содержащихся в ЕЯО

Первое из них связано с тем, что КО являются одновременно и результатом развития, и инструментом *knowledge-engineering*, т.е. они выступают как способ *концептуализации научной теории*, а также спецификации и формализации БЗ ПдО, выполняя при этом функции классификации, структурирования, упорядочения, интеграции и инструмента при использовании знаний.

Второе обстоятельство связано с функциями онтологий в пространстве современных знаний, которые распространяются в среде Интернет [8]. Имеется в виду построение *эффективного механизма поиска информации*, релевантного запросу пользователя, исходя из первичной системы знаний (или начальной естественной онтологии) в интересующей ПдО, и адекватного отображения объекта его интересов в *структурированные семантические модели*, связывающие базовые концепты отношениями частичного порядка, и сложно организованные устойчивые конструкции для формирования запросов и построения ответов с “хорошо” обозначенной семантикой, а также семантическим маркированием ресурсов и, конечно же, с развитием ЗОИС и технологий в широком понимании.

Кроме того, КО некоторой ПдО можно рассматривать как общезначимую, открытую, *формальную научную теорию* (или базу знаний ПдО), представленную на общепринятом (формальном) языке спецификации знаний. Из этого вытекает множество разнообразных практических приложений такой КО, например [9, 10]. Отметим только особый статус такого приложения как обучение. При этом создание “онтологизированных” электронных курсов (в том числе и дистанционных) представляется актуальной, самостоятельной, интенсивно развивающейся научно-технической областью.

Понимание терминов онтологического инжиниринга в последнее время существенно прояснилось, и в особенности его “главного” термина – онтологии ПдО, а разночтения существуют, в основном, в значении и объеме того или иного компонента онтологии [2].

*Аксиоматизация научных знаний* определяется следующими структурными элементами: аксиомы или схемы аксиом (как не доказываемые в данной системе положения); исходные (первоначальные) понятия (явно не определяемые в системе); правила вывода и построения системы знаний; определения как правила введения в теорию новых терминов, абстрактных объектов; теоремы как выводимые высказывания; задачи, следствия, положения, выводимые из теории, леммы, логико-методологические принципы аксиоматизирующей теории. Все вышеназванные аспекты составляют базовую основу формального научного исследования. Наряду с ними научный подход необходимо предполагает ещё одну важную компоненту – интерпретацию. Понятно, что научный смысл имеют лишь те абстракции, которые заведомо могут быть приложены к чему-либо и которые можно сопоставить истине, особенно в тех случаях, когда это практически важно и возможно. Механизмом такого сопоставления истине, поиска логических возможностей её установления и выступает *интерпретация* как логический приём по установлению значения терминологических выражений теорий, знаковой (формальной) системы [13].

Каждому предложению, логически правильно построенному, в интерпретации придается некоторое значение, например, предложение может быть истинным или ложным. Вопрос же о том, какая из этих возможностей реализована, не решается интерпретацией. Поэтому одна и та же формальная система предполагает множество интерпретаций и только одну истину. Интерпретация гарантирует непротиворечивость теории, но не обеспечивает содержательной истинности данной теории.

Интерпретация имеет свои гносеологические предпосылки. Суть их заключается в том, что в мысленном процессе объективная действительность не просто пассивно отражается, но определенным образом реконструируется, перестраивается. В познании происходит непрерывный процесс образования абстракций и их исключение, перевод одного уровня абстракций на другой. Интерпретация как раз и выступает *логическим средством перехода* от одного уровня знаний к другому, средством установления логических связей между этими уровнями [13, 14].

Роль интерпретации отчетливо видна из общей постановки *проблемы извлечения знаний* из ЕЯО. Пусть  $T$  – входной ЕЯТ, в котором “закодированы” отношения  $R_i = (R_{i_1}, R_{i_2})$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , где  $R_{i_1}$  – синтаксические отношения, а  $R_{i_2}$  – семантические отношения. Пусть  $X = \{x_1, \dots, x_m\}$  – переменные, означающие словоформы, интерпретированные на  $T$ .

Проблема извлечения знаний из ЕЯТ состоит в поиске интерпретации  $\varphi: X \rightarrow T$  такой, что  $\varphi(X) = \varphi_2(\varphi_1(X))$ , где

$$\begin{aligned}\varphi_1(X) &= (\varphi_1(x_1), \dots, \varphi_1(x_m)) \in R_{i_1} \text{ и} \\ \varphi_2(\varphi_1(X)) &= (\varphi_2(\varphi_1(x_1)), \dots, \varphi_2(\varphi_1(x_m))) \in R_{i_2}\end{aligned}$$

Иными словами, необходимо найти интерпретацию  $\varphi$ , являющуюся суперпозицией отображений  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ , где  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  означают синтаксическую и семантическую интерпретацию, соответственно, предложений текста  $T$ . Заметим при этом, что отображение  $\varphi_1$  несет и некоторую семантическую нагрузку. Она состоит в том, что  $\varphi_1(x_i)$ , являясь синтаксическим конкретным объектом, имеет естественно-языковое значение. Это даёт возможность соотнести  $\varphi_1(X) = (\varphi_1(x_1), \dots, \varphi_1(x_m))$  с множеством концептов. Обозначим его через  $Y = \{(\varphi_1(x_1), \dots, \varphi_1(x_m))\}$ .

Данное, достаточно общее определение проблемы извлечения знаний можно конкретизировать путем уточнения отношений  $R_i$  и отображений  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ .

Что касается извлеченных знаний, то они представляются в двух видах:

- в виде множества отношений  $R_{i_2}$ , определённых на множестве  $X$  в виде базы знаний;
- в виде онтологии, отражающей зависимости между концептами  $y_j \in Y \subset X$ .

В формализованном виде под онтологией понимают упорядоченную тройку  $O = \langle Y, R, F \rangle$ , где  $Y = \{(\varphi_1(x_1), \dots, \varphi_1(x_m))\}$  – множество концептов,  $R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$  – множество отношений на  $Y$  и  $F = \{\varphi_{2_1}, \dots, \varphi_{2_k}\}$  – множество интерпретаций элементов из  $y_j \in Y$  на  $T$ . В зависимости от конкретизации элементов из  $Y$ ,  $R$  и  $F$  различают три типа онтологий [15].

*Строгая онтология ПдО* (в терминах работы [10] – “весомая” онтология) – это такая онтология, в которой множества концептов и концептуальных отношений максимально полные, а аксиомы представлены определениями и ограничениями. При этом аксиомы представлены на некотором формальном языке, доступном для их интерпретации компьютером.

Более конкретное формальное определение строгой онтологии представляет собой упорядоченную четверку

$$O = \langle Y, R, F, A(D, Q) \rangle,$$

где  $A(D, Q)$  – множество аксиом, определенных на множестве определений  $D$  и отношений  $Q$ , ограничивающих концепты, вводимые с помощью определений из  $D$ .

Одной из общих конкретизаций (не только строгих онтологий) является отношение частичного порядка на множестве отношений  $R$  и интерпретаций  $F$ , вместе с отношением экви-



валентности на множестве концептов  $Y$ . Это дает возможность строить иерархию концептов как отдельной онтологии, так и самих онтологий.

*Простая онтология ПдО* (в терминах работы [10] – “легкая” онтология) – это такая онтология, в которой множество  $R$  определено одним типом отношения, а множество  $F$  тождественно множеству аксиом ( $F \equiv A(D, Q)$ ). При этом аксиоматизация может быть представлена определениями терминов словаря ПдО на естественном языке (ЕЯ).

Множество промежуточных или *неполных онтологий ПдО* описываются различными сочетаниями мощностей множеств  $R$  и  $F$ , а аксиоматизация выполнена на ЕЯ.

Одним из распространённых вариантов неполной онтологии является структура вида  $O = \langle X, R \rangle$ , где множество  $F$  в явном виде отсутствует ( $F = 0$ ), в предположении, что концепты  $y_j \in Y$  общеизвестны (определены по умолчанию) либо (и) достаточно полно интерпретированы отношениями  $R$ .

Такая схема классификации по функциональному признаку согласуется с описанием [4]: “Онтология или концептуальная модель предметной области состоит из иерархии понятий предметной области, связей между ними и законов, которые действуют в рамках этой модели”.

В некотором смысле “привилегированной, претендующей на роль метаонтологии” представляется КО – языково-онтологическая картина мира [16]. Это связано, прежде всего, с тем, что языковая форма представления информации является наиболее универсальной, технологический статус языка постоянно возрастает, а сама ЯОКМ может служить предметной онтологией для обработки текстовой информации.

ЯОКМ [17] – это открытая, эксплицитно заданная на лексико-смысловом континууме лексикографическая система, в которой совокупность понятий высокого уровня формально обоснована и упорядочена в сложную иерархическую структуру по основным типам лексико-семантических отношений. Различные аспекты конструирования ЯОКМ подробно рассмотрены в ряде работ [8, 15-17].

Следует отметить, что онтология в реальных ОУИС в общем случае содержит три иерархически связанных компоненты: метаонтологию (онтологию, концептами которой служат онтологии последующих категориальных уровней), предметную онтологию (состоящую из онтологии объектов и онтологии процессов) и онтологию задач.

### ***Онтология верхнего уровня***

Термину “*компьютерная онтология верхнего уровня*” в философской литературе соответствует синоним “*система категорий*”. Изучению последнего посвящены многочисленные научные труды философов, логиков, лингвистов как зарубежных (древних – от Гераклита до

Пирса и Уайтхеда [18], и современных [4, 5-7, 18]), так и советских ученых Апресяна Ю.Д., Сагатовского В.Н., Кузьмина Е.С., Свидерского В.И., Рубашкина В.Ш., Библера В.С., Зиновьева А.А., Соколовской Ж.П. и др. Разработка методологических основ построения многоуровневых компьютерных онтологий предопределила необходимость *системного анализа* указанной научной литературы с целью выявления “рационального зерна”, необходимого и достаточного для построения строгих математических моделей произвольной предметной области (проблемы, задачи) и их интерпретации для получения конкретных результатов.

Результаты анализа работ зарубежных ученых и синтез варианта компьютерной ОВУ изложены в работах [17, 19-21]. На его основе зафиксируем некоторую совокупность подходов, принципов и механизмов синтеза *системы категорий*, как знаний об общей структуре действительности. Система категорий определена как последовательность таких ступенек познания, которые должны быть пройдены в исследовании объектов окружающего мира. Эти ступеньки познания, в свою очередь, отражают общие действия, которые совершает субъект при освоении объективного мира и которые он может применить в конкретной предметной области, исходя из существенных общих представлений о нём. “Осознание того, что категории отражают всеобщие характеристики любого объекта, описывают не только общую структуру взаимодействия субъекта с объектом, но и общую структуру взаимодействия любых объектов, достигается опосредственно, как вывод, следующий из доказательства того, что деятельность может быть успешной лишь в том случае, если она подчиняется общим законам взаимодействия известной нам Вселенной” [3]. “Система категорий выступает по отношению ко всякому новому знанию как некоторый фиксированный *категориальный каркас*, который имеется до познания данного конкретного класса явлений и определяет формы этого познания, так что всякое новое содержание, доставляемое конкретным исследователем, подводится под одну из категорий и упорядочивается по правилам категориального каркаса” [22, 23].

Результатом системного анализа, в частности, являются приведенные ниже утверждения, описывающие *методологические основы исследования и систематизации категорий* [3, 17, 22–28]:

- единство онтологического и гносеологического подходов;
- гносеологическим принципом субординации категорий является движение от абстрактного к конкретному;
- рассмотрение категорий как ступенек познания;
- необходимость строгих определений категорий;
- необходимость общего понятийного каркаса как основы интерпретации частных научных теорий;

- в системе категорий формируются предельно общие принципы, которые должны лечь в основу систематизации знаний в целом;
- категориальные отношения субъекта к объекту являются проявлением категориальных отношений между любыми объектами;
- возможно построение различных систем категорий (допущение множественности систем), которые будут отражать категориальные каркасы структур знаний, образующихся при решении частно-научных задач. Эти различные системы категорий должны быть субординированы через единый, базовый, *неопределяемый минимум понятий*, составляющий базовую систему, дающую общий язык для построения других систем (онтологию категорий верхнего уровня);
- только с помощью *базовой системы категорий* можно решить следующие общенаучные и внутрифилософские задачи:
  - а) выделить семантические множители для всеобщих понятий единого языка науки;
  - б) последовательно и строго определить всеобщие категории, исходя из неопределяемого минимума;
  - в) дать основу для построения онтологической атрибутивной модели материи на том уровне, который отражён современной наукой;
  - г) основу для системы логических операций по их направленности на познание всеобщих сторон любого объекта;
  - д) основу для системного построения общей методологии;
  - е) дать точный категориальный язык для более детальных категориальных исследований;
- определения категорий в ОВУ носят функциональный характер, т.е. они отличаются друг от друга по специфической функции в теории познания. Общий характер движения мысли в процессе выведения категорий может быть определён как восхождение от абстрактного к конкретному; каждая последующая категория более конкретно описывает предмет, а их система в целом суть самое конкретное описание самого абстрактного уровня знаний о любом объекте нашего опыта;
- всеобщность категорий не означает их тавтологичности.

Объединенные из различных источников принципы и механизмы построения системы категорий позволяют синтезировать *методологические основы проектирования компьютерной ОВУ*. При этом следует принять, что:

- “неопределяемый минимум” базовой системы категорий имеет минимальное количество логических аксиом  $((A_i), i = \overline{1,8})$  всеобщего характера, например таких, как для категорий “Абстрактное” и “Материальное” [17, 19]:

A1) не существует никакой абстрактной сущности  $x$ , размещённой в пространстве

$$\neg(\exists x: \text{Абстрактное})(\exists y: \text{Место})loc(x, y),$$

где  $loc(x, y)$  – соответствующий предикат местонахождения  $x$  в  $y$ ;

A2) не существует никакой абстрактной сущности  $x$ , которая происходит в момент времени  $t$

$$\neg(\exists x: \text{Абстрактное})(\exists t: \text{Время})ptime(x, t),$$

где  $ptime(x, t)$  – соответствующий предикат происхождения  $x$  в  $t$ ;

A3) что-нибудь материальное  $x$  существует в некотором месте  $y$

$$(\forall x: \text{Материальное})(\exists y: \text{Место})loc(x, y),$$

где  $loc(x, y)$  – соответствующий предикат местонахождения  $x$  в  $y$ ;

A4) что-нибудь материальное  $x$  происходит в момент времени  $t$

$$(\forall x: \text{Материальное})(\exists t: \text{Время})ptime(x, t),$$

где  $ptime(x, t)$  – соответствующий предикат происхождения  $x$  в  $t$ ;

– наивысшим уровнем категоризации, не имеющим никакой дифференциации, является некоторая категория (названная “Универсум”), которой удовлетворяют следующие аксиомы:

A5) существует такой  $x$ , что  $(\exists x)Универсум(x)$ ;

A6) всякий  $x$  есть элементом Универсума:  $(\forall x)Универсум(x)$ ;

A7) всякая категория  $k$  есть подкатегория Универсума:  $(\forall k: \text{Категория})k \leq \text{Универсум}$  ;

A8) все подкатегории определяются дополнительными отличиями в Универсуме, чтобы показать, как они отличаются от Универсума и одна от другой.

– категории на “ступеньках познания” структурируются в соответствии с категориальными отношениями частичного порядка при удовлетворении условий простого и множественного наследования. Другими словами, в качестве “ступенек познания” выступает ориентированный онтограф с (возможными) перекрестными ребрами.

Следует отметить, что рабочей группой по разработке проекта стандарта ОВУ (SUO WG) был принят аналогичный подход, в результате которого была разработана онтология SUMO [29]. Языком представления знаний в SUMO был выбран KIF-язык, который после доработок получил название SUO-KIF. SUMO включает в себя две части – онтологию верхнего уровня (переработанные онтологии Дж. Совы и Рассела-Норвига) и онтологию среднего уровня (реструктурированные остальные онтологии). После завершения создания каждой части в отдельности, они были объединены в единую концептуальную структуру.

### **Онтолого-управляемая архитектура**

В многочисленных зарубежных научных публикациях под онтолого-управляемой архитектурой (Ontology-driven architecture) понимают такую архитектуру ЗОИС, в которой база

знаний ПдО представлена формальной онтологией. При этом последняя описана на некотором языке описания онтологий (список таких языков определен консорциумом W3C (OWL, RDFS и др.)). ЗОИС с онтолого-управляемой архитектурой классифицируют [4] по функциональному признаку на онтолого-знающие информационные системы (ОЗНИС) и онтолого-управляемые информационные системы (ОУИС). ОЗНИС характеризуется “пассивной” ролью онтологии, т.е. выполнением ею роли только информационно-справочного компонента. Любая другая подсистема только “знает” о существовании (возможно отдаленно) онтологии и может использовать ее для любой специфической цели приложения. В ОУИС онтология играет “активную” роль, кооперируется с другими подсистемами в текущем времени в соответствии с “высшей” общей целью ЗОИС. Важным следствием использования онтологии в текущем времени является способность коммуникации между программными агентами. Последние поддерживают связь друг с другом через сообщения, которые содержат выражения, сформулированные в терминах онтологии (*онтолого-управляемая коммуникация*). Для того, чтобы программному агенту “понять” значения этих выражений, агент нуждается в доступе к онтологии [8].

Использование онтологии в качестве компонента интерфейса пользователя не столь очевидно, однако, очень важно, так как онтология несёт семантическую информацию относительно ограничений, наложенных на классы и отношения. Пользователь может ознакомиться с онтологией, чтобы лучше понять функциональные возможности используемой ЗОИС, и сделать корректные запросы к базе данных (знаний).

Использование онтологии в качестве компонента прикладной программы также является важной частью многих ЗОИС. Эти компоненты обычно содержат фрагменты знаний предметной области, которые, по различным причинам, явно не сохранены в базе данных. Некоторые части этого знания закодированы в статической части программы в форме типа или объявления класса, другие части (подобно, например, бизнес-правилам) неявно сохранены в процедурной части программы. Возможно, в принципе, генерировать статическую часть программы со справкой онтологии.

Кроме того, онтологии, интегрированные с лингвистическими ресурсами, могут быть использованы для поддержки и развития объектно-ориентированного программного обеспечения. Можно также представить все знания предметной области неявно закодированными в прикладной программе, преобразуя программу в знание-основанную систему. В этом случае база знаний содержит ядро, представленное в виде онтологии.

### ***Интеграция междисциплинарных знаний и развивающиеся ЗОИС***

Как следует из рассмотренного выше анализа взаимодействия общих научных дисциплин, именно теория познания определяет основные принципы и направления исследова-

тельского процесса в системе  $\Lambda$ . Вместе с тем важно отметить радикальное изменение и самой системы научного познания. Размываются четкие границы между практической и познавательной деятельностью. В системе научного знания проходят интенсивные процессы дифференциации и интеграции знания, развиваются комплексные междисциплинарные и трансдисциплинарные исследования, новые способы и методы познания, методологические установки, появляются новые элементы картины мира, выделяются новые, более сложные типы объектов познания, характеризующиеся историзмом, универсальностью, сложностью организации, которые раньше не поддавались теоретическому (математическому) моделированию. Одно из таких новых направлений в современном естествознании представлено синергетикой [30].

**Синергетика** (от греч.  $\sigma\upsilon\nu$  – «совместно» и  $\epsilon\rho\upsilon\omicron\varsigma$  – «действующий») – междисциплинарное направление научных исследований, задачей которого является изучение природных явлений и процессов на основе принципов самоорганизации систем (состоящих из *подсистем*) [31, 32]. Синергетика изначально позиционировалась как междисциплинарный подход, как принципы, управляющие процессами самоорганизации, одни и те же безотносительно к природе систем. Нас же интересуют конкретные научно-практические задачи, в их конкретной постановке – разработка развивающихся знание-ориентированных систем, открытых баз знаний базовых доменов прикладных областей, их сопровождение и пополнение, разработка эффективных механизмов извлечения знаний, их обнаружения и формального представления.

Следующим шагом развития междисциплинарных научных исследований, и теории баз знаний в частности, является теоретически обоснованное объединение (или *системная интеграция*) уже разработанных как общедоступных онтологий, так и коммерческих баз знаний для разнообразных прикладных задач, проблем, целых предметных областей и трансдисциплинарных знаний общего характера. Сущность системной интеграции сформулирована следующим образом [33]: “Устойчивые знания совокупности научных дисциплин можно представить в форме интегрированной иерархической сети научных теорий (разного уровня развития, содержательности и охвата действительности), составляющие которых, возможно, связаны посредством общих объектов действительности”. Там же говорится о цели междисциплинарных исследований – приближение к построению общенаучной картины мира – а также о системной интеграции знаний (онтологий) как одной из важных задач в достижении указанной цели и последующем построении *Единой сети знаний* [33].

В общем виде процесс, обеспечивающий системную интеграцию множества онтологий, можно представить следующим образом:

$$\mathcal{O}^u = \bigcup_i \mathcal{O}_i, \quad i = \overline{1, N},$$

где  $\bigcup_i$  – знак концептуального объединения. Смысл этого знака состоит в системной интеграции исходных онтологических графов с учетом областей определений  $O_i$  ( $i = \overline{1, N}$ ) и их взаимосвязи (взаимодействия) [21]. При этом возникает вопрос об определении некоторых общих характеристик онтографа ПдО. В частности, в [21] для этой цели используется параметр оценки сложности онтографа

$$W = \sum_i \sum_h \sum_l O_i \cdot S_{h,l},$$

где  $O_i$  – онтограф  $i$ -ой предметной области,  $i = \overline{1, N}$ ;  $S_{h,l}$  – степень вершины, равная числу исходящих из неё рёбер,  $h = \overline{1, H}$  – количество уровней онтографа,  $l = \overline{1, L_h}$  – номер вершины на соответствующем ( $h$ -ом) уровне онтографа.

Обобщённая архитектура знание-ориентированной системы, эффективно реализующей процедуры обработки предметных знаний, развития БЗ и системной интеграции, представлена на рис. 4.

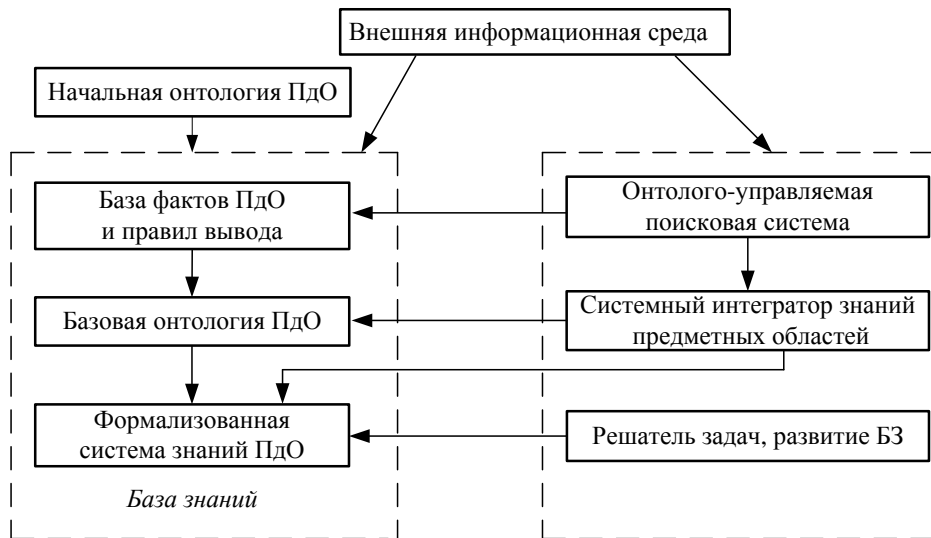


Рис. 4. Архитектура развивающихся знание-ориентированных систем

Реализация технологий представления и обработки знаний и процесса их системной интеграции предполагает учет различных формально-методологических требований, критериев и оценок. Приведем основные из них.

1. Сущность методов онтологического исследования как раздела системного анализа предполагает:

- а) построение статических и динамических моделей;
- б) исследование структуры ПдО и взаимосвязи компонент знаний;

- в) исследование поведения системы, описывающей заданную ПдО – разработка алгоритмов процедур композиции знаний и диаграмм состояний.
2. Влияние предметной области на вид онтологии.
  3. Правила формирования достоверных утверждений и выводов, описывающих систему и ее поведение.
  4. Категориальный уровень онтологии ПдО и соответствующая ему система отношений.
  5. Характеристики онтографа (средний коэффициент ветвления  $i$ -ой вершины, количество уровней ветвления, количество типов отношений, в том числе по подтипам).

Познание идет от изучения вещей к изучению процессов (в том числе взаимодействия компонент, включая уровень “субъект–объект”), от устойчиво функционирующей системы – к системе *изменяющейся и развивающейся*, а результатом, следствием процесса развития является возникновение *нового качества* [3].

### ***Средства поддержки автоматизированного построения О ПдО***

Одним из главных требований к ОнС (с извлечением знаний из ЕЯО) является наличие формализованной методики автоматизированного построения онтологии произвольной ПдО, действенной ИИТ и соответствующих инструментальных средств реализации последней. При этом предполагается, что в качестве источника онтологических знаний выступает лингвистический корпус текстов (ЛКТ) из заданной ПдО и знания специалиста-проектировщика. При этом, если для обработки англоязычных и русскоязычных текстов с последующим приобретением и обработкой знаний известны системы-прототипы (KRITON, ТАКТ, SIMER+MIR и др.) [10], то для обработки текстов на украинском языке известны только лингвистические программные процессоры, использующиеся в основном для построения лексикографических систем. Кроме того, отдельной проблемой для всех систем-прототипов представляется лингвистическая обработка сверхбольших объёмов текстовой информации в реальном времени.

Формализованная методика проектирования онтолого-управляемой информационной системы с обработкой знаний, содержащихся в ЛКТ (в том числе написанных на украинском языке) [1], отличается наличием двух взаимодействующих блоков, соответственно для обработки знаний в заданной ПдО и обработки текстов на основе “языковых” знаний, и базируется на схеме интегрированной технологии, представленной на рис. 3. Инструментальный комплекс, реализующий ИИТ, представлен на рис. 5.

Общие требования к ОнС [1, 2]:

– в качестве информационных объектов представления содержания текстовой информации выбраны онтологии текстового документа и предметной области (соответственно “Библио-



тека онтологий текстовых документов” и “Библиотека онтологий предметных областей”, представленных на рис.2);

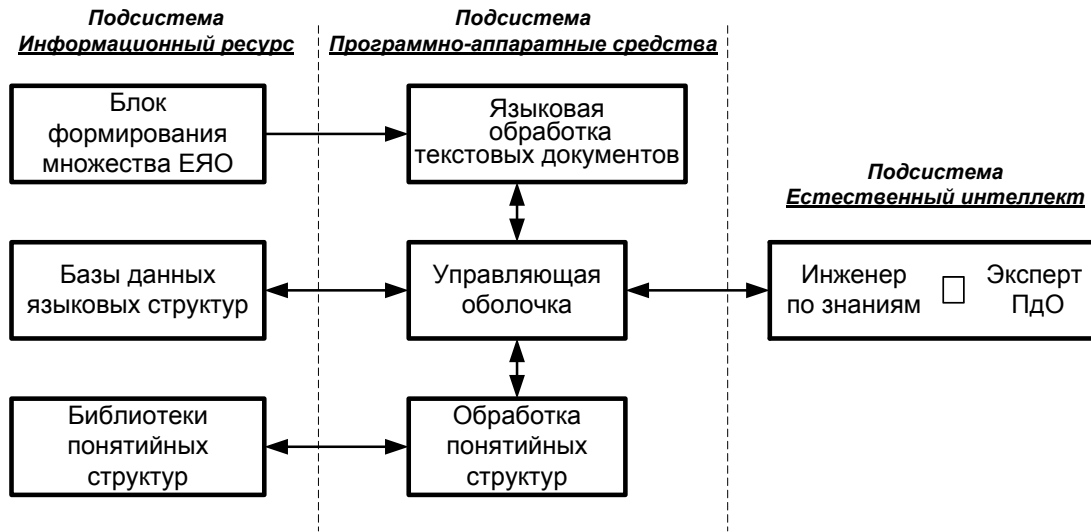


Рис. 5. Блок-схема инструментального комплекса

- общий алгоритм лингвистического анализа и архитектурно-структурная организация ОУИС ориентированы на эффективную программно-аппаратную поддержку реализации наиболее трудоёмких по времени процедур, что должно решить проблему обработки сверх-больших объемов текстовой информации;
- компоненты архитектуры ОУИС и инструментальной среды ориентированы на гибкий механизм перестройки с одного режима функционирования на другой (рассмотрены ниже).

### ***Прикладная лингвистическая направленность ОУИС***

Как следует из изложенного выше, компьютерная онтология в ОУИС является формальным выражением концептуальных знаний о предметной области и по своей роли сопоставима с базой знаний интеллектуальной информационной системы. Кроме того, с помощью формальной онтологии ПдО (проблемы, задачи) становится возможным решить ряд новых научно-технических задач, до сих пор не имеющих удовлетворительного решения. К ним можно отнести:

1. Задачи прикладной лингвистики, ориентированные на обработку текстовой информации:
  - фиксация смысла входных сообщений и интегрированных массивов информации;
  - обобщение или расширенное толкование смысловых структур входных ЕЯО при выполнении задач конспектирования, реферирования и др.;
  - “онтологизированные” алгоритмы машинного перевода;
  - эффективная обработка контекстных неоднозначностей.

2. Методы формирования новых знаний все больше переориентируются из плоскости эмпирической в плоскость системную.<sup>3</sup> Такая переориентация становится возможной благодаря формальным онтологиям как продуктам применения системно-онтологического подхода. Сказанное справедливо и по отношению к описанным выше категориальным каркасам понятий ПдО и принципам их формирования.

Рассмотрим один из подходов формирования понятий как процедуре, предшествующей формированию новых знаний. В большинстве случаев новые, неизвестные ранее знания представляют собой определенное обобщение (либо интерпретацию) уже известных знаний в категориях рассматриваемого либо вышестоящих уровней иерархии.

Знания могут представляться с помощью единой системы однозначно трактуемых понятий, при этом они должны быть непротиворечивы, полны, адекватно отражать действительность и характеризоваться только двумя истинностными значениями.<sup>4</sup> Для этого случая можно использовать классическое исчисление предикатов первого порядка в качестве формального аппарата представления мысленного образа предметной области в базах знаний (или онтологии ПдО). При этом БЗ ПдО представляет собой непротиворечивую и полную формальную теорию [34].

*Формирование понятий* может быть реализовано следующим образом:

- на основе признаков моделей;
- на основе связных моделей;
- с применением недетерминистских способов;
- с применением комбинированных способов.

В первом случае задача формирования понятий близка к задаче обучения распознаванию образов. При этом понятие, сформированное на основе обучающей выборки, является в общем случае приближением к действительному понятию, причем степени близости этих понятий зависят от представительности обучающей выборки. В основе *признаковых моделей* лежит упорядоченный отбор конъюнкций значений признаков, характеризующих группы положительных объектов и не определяющих ни одной из отрицательных объектов. Среди процессов формирования понятий на основе признаков моделей различаются процессы обобщения в пространстве собственных признаков и процессы обобщения контекстных признаков. Контекстное формирование понятий имеет место тогда, когда приходится устанавливать смысл незнакомого слова по его связям с другими словами текста.

<sup>3</sup> Конечно, такая ориентация только частично относится к научно-техническому творчеству. Но она полностью относится к так называемым “простым, рабочим” новым знаниям.

<sup>4</sup> Следует признать, что последние исследования в области синергетики [30, 32 и др.] существенно видоизменяют тезис о двух истинностных значениях. Во многих практических приложениях “двухзначный” логический вывод оказывается неработающим, и чтобы избежать парадоксов классической логики в [30] предлагается перейти к т.н. “целесообразной” логике.

Если признаковые модели удобны для выражения логики понятий, то связанные – для отображения структуры объектов.

Недетерминистский способ формирования понятий предполагает возможное пересечение объемов разных понятий, при этом обучающая выборка может содержать одинаковые объекты с противоречивыми указаниями.

Множество понятий ПдО является первым компонентом в модели О ПдО, причем первым как по важности, так и по сложности его автоматического формирования. Известны ручные и “автоматизированные” методики проектирования онтологии ПдО [6, 9, 10-12, 35 и др.]. Их общим недостатком является ручное формирование множеств понятий  $X$  и  $R$ . При объеме понятий в несколько сотен или тысяч такое проектирование становится крайне неэффективным, а использование известных автоматизированных средств графического проектирования онтологического дерева не позволяет достичь поставленной цели в полном объеме. Существующие методики ориентированы в основном на проектирование небольших онтологий [35].

### ***Онто-инфологический подход к проектированию ОУИС***

Онто-инфологический подход (ОИП) [1] является подклассом двух подходов – логико-информационного (ЛИП) [36-38] и онтологического. По сути, онто-инфологическая модель ОУИС ориентируется на предварительно “онтологизированные” (на основе системно-онтологического анализа [2]) сферы обработки, хранения и транспортировки информации, являющиеся базовыми понятиями в логико-информационной модели. При этом условно можно считать, что ОнП синтезирует “операционную часть” ОУИС, а ЛИП – “управляющую”.

Важной отличительной особенностью ОИП по сравнению с ЛИП является добавление ещё как минимум одного (предметного) уровня управления ОУИС. Кроме того, особый статус приобретает аппаратный уровень. Эти уровни, в совокупности, обеспечивают эффективное функционирование и настройку ОУИС на заданные класс задач (по обработке текстовой информации) или предметную область.

“Онтологизация” сфер обработки информации имеет следующие характерные черты.

Для *сферы хранения*. Память ОУИС проектируется с учетом онтологической информации – сегментируется на память библиотеки онтологий домена предметных областей, библиотеки онтологий текстовых документов, общую базу фактов и правил вывода домена.

Для *сферы транспортировки*. ЛИП-представление этой сферы учитывает скорость передачи количества информации в единицу времени и число информационных каналов. Эти характеристики для ОИМ-схемы видоизменяются, преобразуясь в “скорость формализации” ЕЯ-информации, которая напрямую зависит от канала “онтологического фильтра”. Суть со-

стоит в том, что ЕЯ-информации присущи разного рода неоднозначности, и, прежде чем перейти к машинной обработке формализованного представления, эта информация итерационно “фильтруется” лингвистическими онтологиями языковых и предметных знаний до тех пор, пока не будут устранены все виды неоднозначности.

Для *сферы обработки*. Прежде всего, это тенденция к обработке информации междисциплинарного характера, которая основана на системной интеграции онтологических знаний из разных предметных областей.

**Режимы функционирования ОУИС** характеризуются следующими особенностями:

- а) отработка целевых заданий (внешних и внутренних): 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);
- б) развитие ОУИС как информационной 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.

### **Пример проектирования онтологии ПдО “Проектирование вычислительных устройств и систем на ПЛИС”**

Как указывалось выше, принципы и механизмы онтологического подхода могут быть применены при проектировании архитектурной и информационной компонент КС. Рассмотрим пример проектирования информационной компоненты ОУИС с обработкой ЕЯО – онтологии ПдО “Проектирование вычислительных устройств и систем на ПЛИС” на основе методики проектирования (и соответствующего алгоритма) и базовой компоненты инструментальных средств обработки множества ЕЯО – языково-онтологической информационной системы [1].

В качестве множества ЕЯО использовались монографии [39–42], а для формирования множеств функций интерпретации и аксиом для концептов онтологии – толковые словари и энциклопедия [43–47]. Полное формализованное описание спроектированной онтологии занимает более двухсот страниц, поэтому приведем его только для фрагмента начальной онтологии, а для онтологий объектов и процессов – только их неполные онтографы.

На рис. 6 представлен онтограф начальной онтологии заданной ПдО, который в соответствии с методикой спроектирован вручную инженером по знаниям и экспертом.

На рис. 7,а–7,б представлен онтограф онтологии объектов заданной ПдО, спроектированный с помощью инструментальных средств.

На рис. 8,а–8,б представлены соответственно верхние и нижние уровни онтографа онтологии процессов заданной ПДО, спроектированные с помощью инструментальных средств.

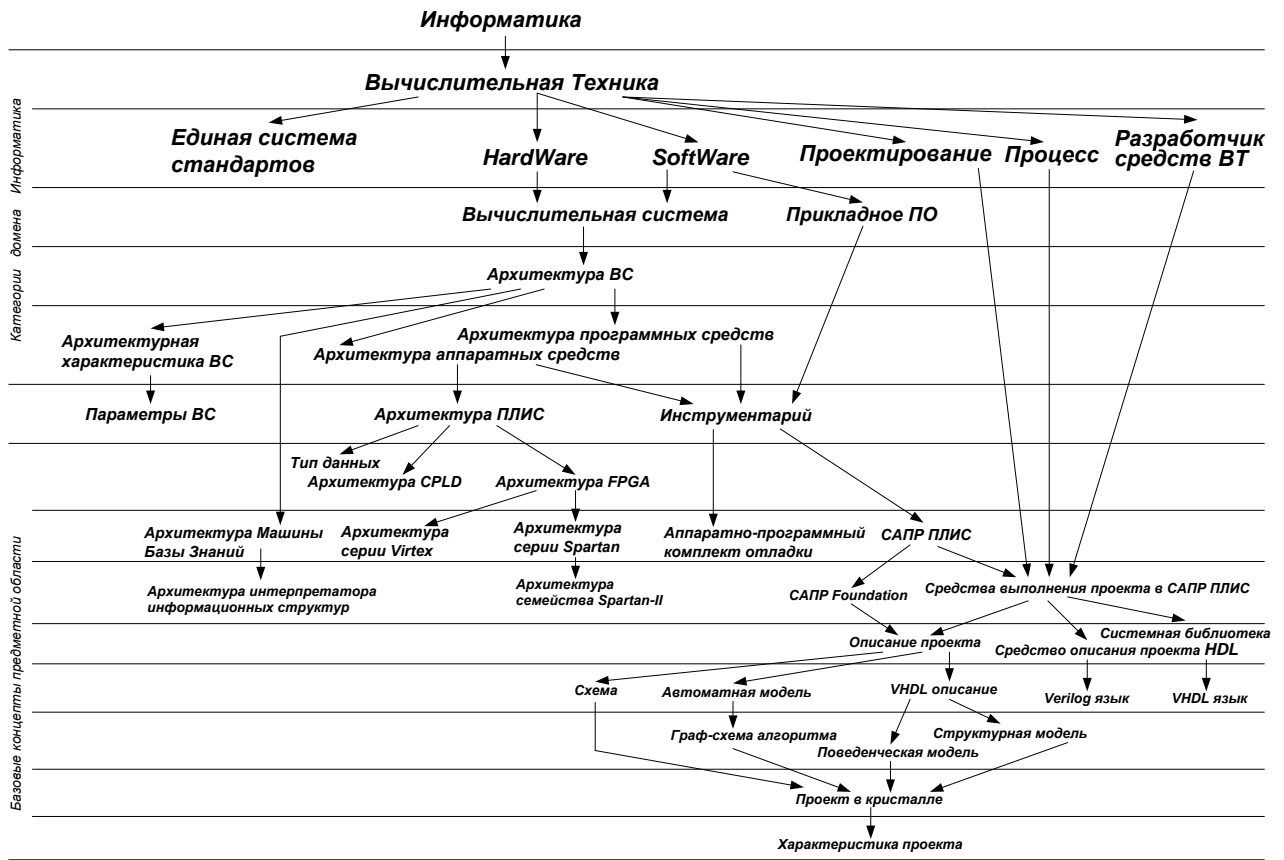


Рис. 6. Онтограф начальной онтологии ПДО “Проектирование вычислительных устройств и систем на ПЛИС”

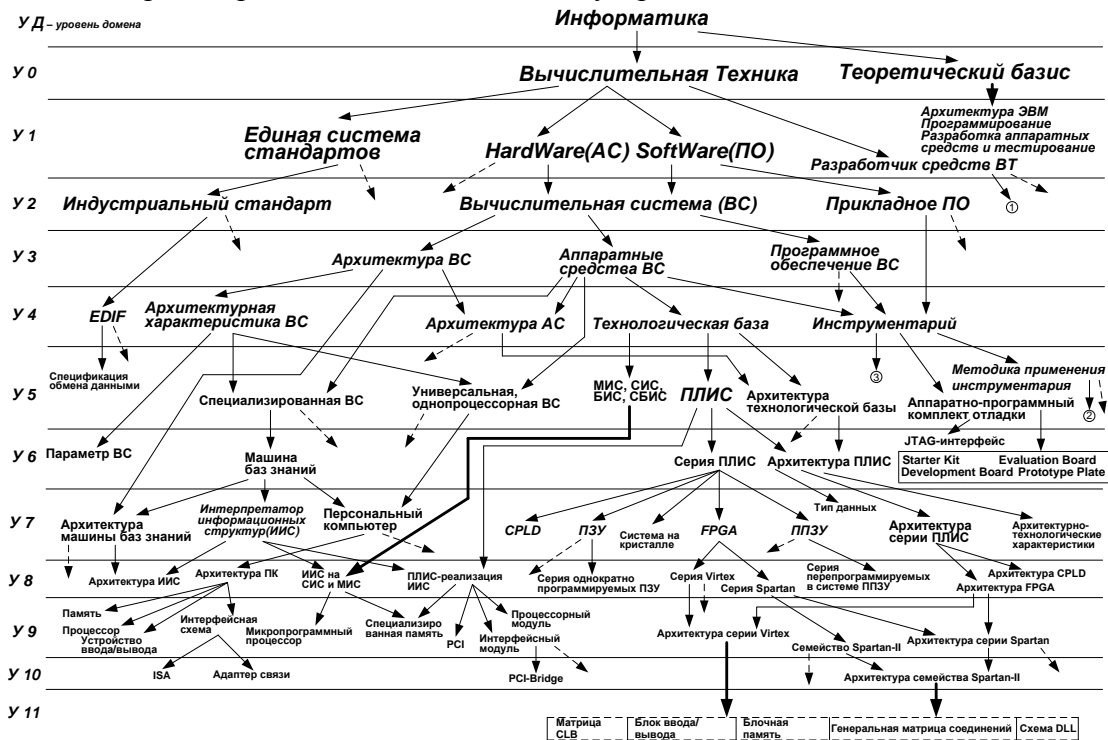


Рис. 7, а. Онтограф онтологии объектов ПдО  
 “Проектирование вычислительных устройств и систем на ПЛИС”

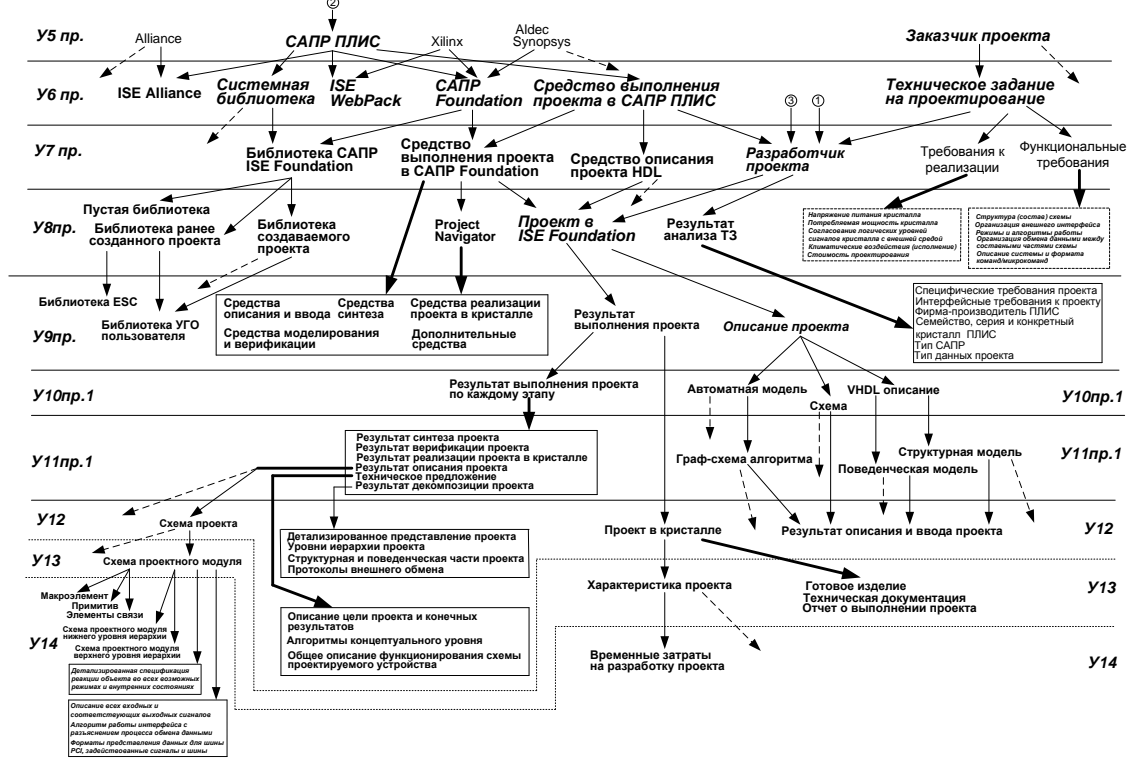


Рис. 7, б. Онтограф онтологии объектов ПдО  
 “Проектирование вычислительных устройств и систем на ПЛИС”



Рис. 8, а. Онтограф верхних уровней онтологии процессов ПдО  
 “Проектирование вычислительных устройств и систем на ПЛИС”



```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:temporal="http://swrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.3/temporal.owl#"
  xmlns:swrla="http://swrl.stanford.edu/ontologies/3.3/swrla.owl#"
  xmlns:swrl="http://www.w3.org/2003/11/swrl#"
  xmlns:swrlx="http://swrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.3/swrlx.owl#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:swrlm="http://swrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.4/swrlm.owl#"
  xmlns:xsp="http://www.owl-ontologies.com/2005/08/07/xsp.owl#"
  xmlns:swrlb="http://www.w3.org/2003/11/swrlb#"
  xmlns:abox="http://swrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.3/abox.owl#"
  xmlns="http://www.aduis.com.ua/ПЛИС#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:protege="http://protege.stanford.edu/plugins/owl/protege#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:sqwrl="http://sqwrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.4/sqwrl.owl#"
  xmlns:tbox="http://swrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.3/tbox.owl#"
  xml:base="http://www.aduis.com.ua/ПЛИС">
<owl:Ontology rdf:about="">
  <owl:imports rdf:resource="http://sqwrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.4/sqwrl.owl"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://swrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.3/temporal.owl"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://swrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.4/swrlm.owl"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://swrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.3/tbox.owl"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://swrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.3/abox.owl"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://swrl.stanford.edu/ontologies/built-ins/3.3/swrlx.owl"/>
  <owl:imports rdf:resource="http://swrl.stanford.edu/ontologies/3.3/swrla.owl"/>
</owl:Ontology>
<owl:Class rdf:ID="Архитектура_ВС">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Вычислительная_система"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Проектирование">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Вычислительная_техника"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Вычислительная_техника">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Информатика"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Единая_система_стандартов">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Вычислительная_техника"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Разработчик">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Вычислительная_техника"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Software">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Вычислительная_техника"/>
</owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Процесс"/>
  <rdfs:subClassOf>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Разработчик"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Вычислительная_система">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Hardware"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Software"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Процесс">

```



```

    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Вычислительная_техника"/>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:about="#Hardware">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Вычислительная_техника"/>
  </owl:Class>
  <Единая_система_стандартов rdf:ID="_Единая_система_стандартов_СВТ">
    <Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >Единая система стандартов СВТ – система стандартов, которая распространяется на стационарные средства вычислительной техники (СВТ), применяемые в автоматизированных системах управления различного назначения всех уровней, в системах обработки данных, сетях ЭВМ, на вычислительных центрах автономно, а также встраиваемые в машины, оборудование и приборы, и предназначенные для сбора, подготовки, ввода, накопления, обработки, вывода, отображения, приема и передачи информации, и устанавливает требования к СВТ, изготавливаемым для народного хозяйства и экспорта.</Definition>
  </Единая_система_стандартов>
  <Вычислительная_техника rdf:ID="_Вычислительная_техника">
    <axiom rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >(наука)&amp;(вычислительные машины)&amp;(построение)&amp;(использование)</axiom>
    <hasCommon xml:lang="ru">наука, изучающая вычислительные машины, принципы их построения и использования</hasCommon>
    <Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >наука о принципах построения, действия и проектирования этих средств.</Definition>
    <Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >область техники, объединяющая средства автоматизации математических вычислений и обработки информации в различных областях человеческой деятельности</Definition>
    <Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >дисциплина, изучающая вычислительные машины, принципы их построения и использования. Включает исследование таких аспектов, как: программирование, информационные структуры, разработка программного обеспечения, языки программирования, компиляторы и операционные системы, разработка аппаратных средств и тестирование, архитектура вычислительных систем, сети ЭВМ и сопряжение вычислительных машин, системный анализ и проектирование, теория информации, систем и вычислений, прикладная математика и электроника, вычислительные методы, методы машинной графики и приложения</Definition>
  </Вычислительная_техника>
  <Software rdf:ID="_Software">
    <Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >общий термин для обозначения "неосязаемых", в отличие от физических частей вычислительной системы;</Definition>
    <Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >является одним из видов обеспечения вычислительной системы, наряду с техниче-ским (аппаратным), математическим, информационным, лингвистическим, организа-ционным и методическим обеспечением.</Definition>
  </Software>
  <Разработчик rdf:ID="_Разработчик_ВТ">
    <hasCommon rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >специалист в области вычислительной техники, занимающийся разработкой некоторого вычислительного устройства или класса вычислительных устройств</hasCommon>
    <axiom rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >(специалист)&amp;(вычислительная_техника)&amp;(разработка вычислительного устройства)
  </axiom>
    <Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >специалист в области вычислительной техники, занимающийся разработкой некоторого вычислительного устройства или класса вычислительных устройств</Definition>
  </Разработчик>
  <Hardware rdf:ID="_Hardware">
    <hasCommon rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >технические средства, используемые при выполнении программы.</hasCommon>
    <axiom rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >(технические средства)&amp;(используемые)&amp;(выполнение программы)</axiom>
    <Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >технические средства, в отличие от программ, процедур, правил и со-ответствующей документации;</Definition>
    <Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
      >средства, используемые при выполнении программы.</Definition>
  </Hardware>
  <Архитектура_ВС rdf:ID="_Архитектура_ВС">

```

```

<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>в) принцип построения и организации работы ВС, включая определение функ-ционального состава основ-
ных узлов и блоков, а также структуры управляющих и информационных связей между ними.</Definition>
<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>б) понятие, которое определяет состав, назначение и порядок взаимодействия устройств ВС, объеди-
ненных для решения конкретных задач;</Definition>
<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>а) общая логическая организация цифровой вычислительной системы, определяющая процесс обработки
данных в конкретной вычислительной системе и включающая методы кодирования данных, состав, назначе-
ние, принципы взаимодействия технических средств и программного обеспечения</Definition>
</Архитектура_ВС>
<Информатика rdf:ID="_ Информатика">
<axiom rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>(наука)&amp;(общие свойства)&amp;(общие закономерности)&amp;(информации)</axiom>
<hasCommon rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>наука об общих свойствах и закономерностях информации</hasCommon>
<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>большая область теоретических и прикладных знаний, связанных с получением, со-хранением, преобразо-
ванием, пересылкой и использованием информации</Definition>
<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>научная дисциплина, изучающая структуру и общие свойства научной информации, а также закономер-
ности всех процессов научной коммуникации</Definition>
<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>наука об общих свойствах и закономерностях информации, а также методах ее поиска, передачи, хране-
ния, обработки и использования в различных сферах деятельности человека.</Definition>
<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>научное направление, которое занимается изучением законов, методов и способов накопления, перера-
ботки и передачи информации с помощью компьютера и других технических средств; группа дисциплин, ко-
торые занимаются разными аспектами использования и разработки ЭВМ: прикладная математика, про-
граммирование, программное обеспечение, искусственный интеллект, архитектура ЭВМ, вычислительные
сети</Definition>
</Информатика>
<Проектирование rdf:ID="_ Проектирование">
<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>комплекс работ с целью получения описаний нового или мо-дернизируемого технического объекта, до-
статочных для реализации или изготовления объекта в заданных условиях</Definition>
<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>это комплекс работ, целью которого является получение технической документации, позволяющей ре-
ализовать или изготовить новый или модернизируемый объект с заданными свойствами и с заданным функ-
ционированием в заданных условиях.</Definition>
<axiom rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>(комплекс работ)&amp;(получения описания)&amp;(для реализации объекта) or (для изготовления
объекта)</axiom>
<hasCommon rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>комплекс работ с целью получения описания, достаточного для реализации или изготовления
объекта</hasCommon>
</Проектирование>
<Вычислительная_система rdf:ID="_ Вычислительная_система">
<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>взаимосвязанная совокупность средств вычислительной техники, включающая не менее двух основных
процессоров либо вычислительных машин, из которых роль основного процессора выполняет хотя бы
одна;</Definition>
<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>собственно вычислительная машина с подключенными к ней внешними устрой-ствами.</Definition>
</Вычислительная_система>
<Процесс rdf:ID="_ Процесс">
<axiom rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>(последовательность действий) and (определяется объектом) or (определяется явлением)
</axiom>
<hasCommon rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>последовательность действий, которая определяется объектом или явлением</hasCommon>
<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>некоторая последовательность действий, составляющих задачу</Definition>

```

```

<Definition rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"
>последовательность предсказуемых событий, которая определяется объектом или явлением и выполняется в заданных условиях; течение событий, которые происходят в соответствии поставленной цели или результата;</Definition>
</Процесс>
<owl:AnnotationProperty rdf:ID="Definition"/>
</rdf:RDF>
<!-- Created with Protege (with OWL Plugin 3.4, Build 526) http://protege.stanford.edu -->

```

Рис. 10. OWL-описание фрагмента онтографа начальной онтологии

Ниже представлено формально-логическое описание концептов (из представленного на рис. 8 фрагмента) начальной онтологии заданной ПдО.

**Информатика:** *(наука)&(общие свойства)&(общие закономерности)&(информации);*

**Вычислительная техника:** *(наука)&(вычислительные машины)&(построение)&(использование);*

**Проектирование:** *(комплекс работ)&(получения описания)&(для реализации объекта) or (для изготовления объекта);*

**Разработчик\_ВТ:** *(специалист)&(вычислительная техника)&(разработка вычислительного устройства);*

**Процесс:** *(последовательность действий)&(определяется объектом) or (определяется явлением);*

**Hardware:** *(технические средства)&(используемые)&(выполнение программы);*

**Заключение.** В работе рассмотрена концепция онтологического подхода к проектированию знание-ориентированных информационных систем с обработкой ЕЯО. Предложены характерные черты КС, спроектированной на основе ОнП, основными из которых являются: наличие формальной онтологии ПдО и инструментальных средств ее автоматизированного проектирования, онтологии верхнего (среднего) уровня и эффективных механизмов обработки и накопления предметных знаний. Приведен пример проектирования компьютерной онтологии ПдО на основе представительного множества ЕЯО (содержащих около 1000 концептов).

Полученные в работе результаты позволят повысить эффективность процедур и соответствующих алгоритмов обработки ЕЯ-информации и соответствующих инструментальных средств.

1. Палагин А.В., Крывый С.Л., Петренко Н.Г. Знание-ориентированные информационные системы с обработкой естественно-языковых объектов: основы методологии и архитектурно-структурная организация // УСиМ. – 2009. – № 3. – С.42–55.
2. Палагин А.В., Петренко Н.Г. Системно-онтологический анализ предметной области // УСиМ. – 2009. – № 4. – С.3–14.
3. Сагатовский В.Н. Основы систематизации всеобщих категорий. – Издательство Томского университета, Томск, 1973. – 432 с.
4. Guarino N. Formal Ontology and Information Systems. In N. Guarino (ed.) Formal Ontology and Information Systems // Proceedings of FOIS'98. – Trento, Italy. – 1998. – 6–8 June. – IOS Press, Amsterdam. – PP. 3–15.

5. Gruber, T. R. 1993. A translation approach to portable ontology specifications // *Know-ledge Acquisition*, 5 (2): pp. 199–220.
6. Gruber, T.R. 1995. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. *International Journal of Human and Computer Studies*, 43(5/6): pp. 907–928.
7. Niles I., Pease A. Towards a Standard Upper Ontology. //In proceeding of the 2nd International Conference on Formal Ontology and Information Systems (FOIS-2001), Welty C., and Smith B., eds., Ogunquit, Maine. – October, 17–19, 2001. – 8pp. – available at <http://home.earthlink.net/~adampease/professional/FOIS.pdf>.
8. Палагин А.В., Яковлев Ю.С. Системная интеграция средств компьютерной техники. – Винница: «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2005. – 680 с.
9. Баишмаков А.И., Баишмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. пособие. – М.: Изд. – во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.
10. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
11. Гаврилова Т.А. – Онтологический инжиниринг. – /Available at [http://www.kmtec.ru/publications/library/authors/ontolog\\_engeneering.shtml](http://www.kmtec.ru/publications/library/authors/ontolog_engeneering.shtml).
12. Добров Б.В., Лукашевич Н.В., Невзорова О.А., Федунев Б.Е. Методы и средства автоматизированного проектирования прикладной онтологии // *Изв. РАН. Теория и системы управления*. – М.: 2004. – № 2. – С.58–68.
13. Павлов В.Т., Руденко К.Ф., Семенов И.С. и др. Логические методы и формы научного познания. – К.: Вища шк., 1984. – 208 с.
14. Андон Ф.И., Яшунин Л.Е., Резниченко В.И. Логические модели интеллектуальных информационных систем. – К.: Наук. думка, 1999. – 397 с.
15. Палагін О.В., Петренко М.Г. Архітектурно-онтологічні принципи розбудови інтелектуальних інформаційних систем // *Математичні машини і системи*. – 2006. – №4. – С.15–20.
16. Палагин А.В. Организация и функции "языковой" картины мира в смысловой интерпретации ЕЯ – сообщений // *Information Theories and Application*. – 2000. – Vol. 7, №4. С. 155–163.
17. Палагін О.В., Петренко М.Г. Модель категоріального рівня мовно-онтологічної картини світу // *Математичні машини і системи*. – 2006. – №3. – С. 91–104.
18. Sowa, John F. Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations, Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, ©2000. – 594pp.
19. Палагін О.В., Петренко М.Г. Розбудова абстрактної моделі мовно-онтологічної інформаційної системи // *Математичні машини і системи*. – 2007. – №1. – С. 42–50.
20. Палагін О.В., Петренко М.Г., Михайлюк А.В. Розвиток та порівняльні характеристики логіко-онтологічних формальних теорій // *Математичні машини і системи*. – 2007. – №2. – С. 3–18.
21. Палагин А.В., Петренко Н.Г. К вопросу системно-онтологической интеграции знаний предметной области // *Математические машины и системы*. – 2007. – №3,4. – С. 63–75.
22. Рубашкин В.Ш. Проблема интерпретации в физической теории. – Сб. "Логика и методология науки". – М.: 1967. – С. 35 – 49.
23. Соколовская Ж.П. «Картина мира» в значениях слов. – Симферополь: Таврия. – 1993. – 197 с.
24. Кузьмин Е.С. Система онтологических категорий. – Иркутск, 1958. – 183 с.
25. Свидерский В.И. Некоторые вопросы диалектики изменения и развития. М., Мысль, 1965. – 228 с.
26. Библер В.С. О системе категорий диалектической логики. Сталинабад, 1958. – 157 с.
27. Зиновьев А.А. Основы логической теории научных знаний. АН СССР. Ин-т философии. – М.: Наука, 1967. – 202 с.
28. Апресян Ю.Д. Идеи и методы современной структурной лингвистики. (Краткий очерк). М.: Просвещение, 1966. – 302 с.
29. SUO, (2001), The IEEE Standard Upper Ontology web site, <http://suo.ieee.org>.
30. Чернавский Д.С. Синергетика и информация: Динамическая теория информации Изд. 2-е, испр., доп. М.: УРСС, 2004. – 288 с. ISBN 5-354-00241-9.
31. <http://slovari.yandex.ru/dict/phil dict/article/filo/filo-707.htm>.

32. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Основания синергетики. Синергетическое мировидение. М.: КомКнига, – 2005. – 240 с.
33. *Палагин О., Кургаев О.* Міждисциплінарні наукові дослідження: оптимізація системно-інформаційної підтримки // Вісник НАН України. – 2009. – № 3. – С. 14–25.
34. *Гладун В.П.* Процессы формирования новых знаний. – София: СД "Педагог 6", 1994. – 192 с.
35. *Natalya F. Noy and Deborah L. McGuinness.* “Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology”. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001. – available at [http://protege.stanford.edu/publications/ontology\\_development/ontology101.html](http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.html).
36. *Палагин А.В.* К решению основной задачи эмуляции // УСиМ. – 1980. – №3. – С. 24–28.
37. *Микропроцессорные системы* обработки информации / А.В. Палагин, Е.Л. Денисенко, Р.И. Белицкий, В.И. Сигалов. – Киев: Наук. думка. – 1993. – 352 с.
38. *Таненбаум Э.* Архитектура компьютера. – Питер. 4-е издание, 2003. – 698 с.
39. *Реконфигурируемые* вычислительные системы: Основы и приложения / А.В. Палагин, В.Н. Опанасенко. – К.: Просвита, – 2006. – 280 с.
40. *Грушевицкий Р.И., Мурсаев А.Х., Узрюмов Е.П.* Проектирование систем на микросхемах программируемой логики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
41. *Зотов В.Ю.* Проектирование цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx в САПР WebPACK ISE. – М.: – Горячая линия – Телеком, 2003. – 624с.
42. *Зотов В.Ю.* Проектирование встраиваемых микропроцессорных систем на основе ПЛИС фирмы Xilinx. – М.: – Горячая линия – Телеком, 2006. – 520с.
43. *Іваницький Р.В., Кияк Т.Р.* П’ятимовний тлумачний словник з інформатики. – Київ, 1995. – 372 с.
44. *Бардачов Ю.М., Костін В.О., Ходаков В.Е.* Тлумачний російсько-українсько-англійський словник. Комп’ютерні науки та комп’ютерна інженерія 6000 термінів. – Херсон: Олді-плюс; 2006. – 1028 с.
45. *Пройдаков Е.М., Теплицький Л.А.* Англо-український тлумачний словник з обчислювальної техніки, інтернету і програмування. – Видання друге. СофтПрес.– Київ. – 2006. – 768 с.
46. *Энциклопедия кибернетики* (в двух томах). – Главная редакция Украинской советской энциклопедии. – Киев-1975.
47. *Норенков И.П., Маничев В.Б.* Основы теории и проектирования САПР: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1990. – 335 с.