

УДК 004.318

А.В. Палагин, С.Л. Кривой, Н.Г. Петренко

## **Знание-ориентированные информационные системы с обработкой естественно-языковых объектов: основы методологии и архитектурно-структурная организация**

**Введение.** Не вызывает сомнения тот факт, что интеллектуальные информационные технологии (ИИТ) и соответствующие компьютерные системы (КС) будут и дальше интенсивно развиваться в направлениях, соответствующих наиболее существенным признакам разумной деятельности, в том числе распознавания, преобразования и понимания знаковых систем (включая естественно-языковые). Результатом указанных комплексных задач является генерация совокупности смыслов, заложенных в анализируемых знаковых системах. При этом под смыслами понимается то, что делает знаковые системы текстами. В данном случае под термином “текст” понимается любая осмысленная знаковая система, а такой текст уже является источником знаний.

Развитие теории и создание систем искусственного интеллекта (ИИ) в настоящее время связывают с проблемой организации знаний о мире в виде определённых структур, отражающих реальные связи и отношения между предметами и явлениями в окружающей среде... и успехи в этом направлении во многом определяются интеллектуальным уровнем и общей эффективностью технических систем [1, 2].

**Постановка задачи.** Особенность создания современных информационных технологий состоит в стремлении к максимальной интеграции результатов двух областей ИИ, которые когда-то развивались параллельно и независимо: Knowledge-engineering и компьютерной лингвистики (когнитивной семантики). Можно сказать, что это стремление отображает в общем случае естественную схему взаимодействия человека с окружающим миром: “входная информация – сознание – понимание – знания”. В последней не указаны промежуточные (ощущение, рефлексия и др.) процедуры когнитивного цикла, чтобы выделить “конструктивную” триаду. Сознание здесь играет роль персонифицированного инструмента, который вырабатывает совокупность предметно, ситуативно или причинно-связанных сущностей, которые образуют “сознательную” картину мира. Выработка указанных сущностей, построение и использование на их основе картины мира реализуется как результат восприятия и преобразования входной информации в когнитивном цикле, ядром которого является *механизм понимания*. Сознание человека имеет языковой статус, и это выражено понятием “языковое сознание”, а сознатальная картина мира при этом представлена Языковой Картиной Мира, которая является не только системой знаний, а и некоторым буфером, что связывает общие

знания с профессиональными. Для понимания естественного языка (ЕЯ) в прагматическом плане важно выделить соответствующий механизм, который характеризуется как “...преобразование представления на естественном языке в логические выражения”.

### Анализ проблемы обработки знаний

Теория и практика создания и использования систем, основанных на знаниях (или знание-ориентированных информационных систем (ЗОИС)), –

Как следует из сказанного, исходной информацией для большинства научных исследований являются знаковые системы, представленные в виде естественно-языковых объектов (ЕЯО). В общем случае такими ЕЯО могут быть большие базы неструктурированных данных, хранящихся в корпоративной памяти, разного рода электронные библиотеки, коллекции документов, текстовая составляющая простого и семантического Web, монографии, научные статьи, научно-технические и деловые документы и пр. Такое уточнение сужает круг научных дисциплин и подходов, методы которых привлекаются к анализу и пониманию ЕЯО, извлечению и формализации из последних знаний, их структурированию и обработке. Среди прочих можно выделить

При создании интеллектуальных информационных систем (ИИС) следует выделить *три аспекта исследований* – онтологический, логический и методологический. Эти аспекты имеют свои, в общем случае фиксированные объекты исследований, соответствующие

### Сущностный анализ триады “смысл-знание-языковое сознание”

Рассматривая знания как нечто объективное, феноменальное, отражающее *исходную, преобразующую и конечную* составляющие процесса познания (“знание посредством знаний преобразуется в новое знание”), заметим, что совокупность научных дисциплин, имеющих непосредственное отношение к процессам мышления, понимания, осознания и получения новых знаний, не может обходиться без выработки своих собственных понятий, определённым способом фиксирующих свойства и закономерности её объектов. Из таких основополагающих понятий, как *смысл, знание, (знаковая) система, текст, объект, отношение, предмет, язык, структура, связь*, рассмотрим только первые два понятия, выражающие собой наибольшую проблемность исследований в области построения систем ИИ, в том числе и знание-ориентированных информационных систем, оперирующих с ЕЯО.

Известно, что теории смыслов в завершённом виде не существует, а потому и общепризнанного определения понятия “смысл” также нет, как нет однозначного понимания и с точки зрения его формального представления и преобразования в КС. В [3-6] этот термин вводится с гносеологических позиций, через его свойства и атрибуты, его взаимодействие с другими объектами. Ниже приводятся наиболее распространённые определения с точки зрения проектирования КС.

И далее в [6] отмечается, что “...природа смысла может быть раскрыта только через одновременный анализ *семантической триады*: “*смысл–текст–язык*”. Текстовое раскрытие смысла происходит через те знаковые системы, которые мы готовы воспринимать как языки. Таким образом, каждый элемент указанной выше триады раскрывается через два других. Включая в триаду язык, мы вносим представление о том, что сама триада становится возможной, только когда есть *Наблюдатель* –

Под термином “*смысл*” заданного текста или его части будем понимать

Известно достаточно много определений понятия “знания”, которые по способу представления можно разделить на две основные группы – общего характера и адаптированные применительно к их обработке на компьютере.

Из первой группы можно выделить следующие, наиболее характерные определения.

*Знание* –

“*Знания*

Эти примеры определений достаточно корректны, дают общее представление о том, что такое знание и познание как когнитивные процессы, но мало полезны для практических приложений и проектирования соответствующих компьютерных систем.

Из второй группы можно выделить следующие определения, признающиеся многими исследователями.

*Знания* –

*Знания* -

Определения второй группы уже дают некоторое обобщенное представление о системе, основанной на знаниях, но все же этого недостаточно, чтобы построить указанную систему. Для этого необходимо также, по крайней мере, знать:

Поэтому в задачах информатики можно (и более удобно) определить категорию *знания* косвенно – через его свойства и методы обработки.

Под термином “*знание*” будем понимать

*Формальная постановка задачи анализа ЕЯО*

-

*Анализ взаимодействия базовых понятий в когнитивном цикле обработки знаний*

Приведенные выше описания терминов “смысл” и “знание”, а также выполненный анализ позволяют синтезировать некоторую обобщенную схему “эволюционирования” знаний, представленную на рис.1. Заметим при этом, что в языке данной статьи словоформы терминов “знание”, “сознание” и “познание” имеют общий корень, а сами термины также образу-

ют триаду, компоненты которой фиксируют объект и субъект и процесс познания.

Рис.1. Обобщённая схема “эволюционирования” знаний

Входом является некоторая знаковая система, которую можно интерпретировать как совокупность данных. Далее происходит “осмысление” входных данных, для чего обязательно присутствие *Наблюдателя* (человек, компьютер), как носителя высших форм мышления – языкового сознания. И если у него имеется “внутренний языковой интерпретатор, настроенный на данную знаковую систему”, то данные превращаются в информацию. Далее в работу включается “смысловой интерпретатор” (если он имеется у *Наблюдателя*), который превращает информацию в знания или происходит осознание поступившей информации. На заключительном этапе обработки входного сообщения происходит естественная реакция человека: принять к сведению, отреагировать или пополнить базу знаний (БЗ) новой порцией знаний [1]. В подтверждение сказанного можно привести известный пример Клауса, взятый из [3]: “Космонавты застают на Марсе надписи – следы вымершей цивилизации. Отмечая некоторую регулярность и пользуясь основными законами математической логики и исчислением вероятностей, они могут получить некоторые знания относительно обнаруженных записей, например, что это математические предложения. Они могут даже реконструировать в некоторой степени знания, заключенные в этих предложениях. Но всё это, разумеется, возможно лишь при условии, что они располагают некоторыми универсальными логическими правилами построения и чтения конечных знаковых систем, знакомы с теорией вероятностей и т.п. В противном случае обнаруженные надписи оказались бы совершенно изолированными системами, и говорить о заключённых в них знаниях было бы невозможно”.

### Свойства знаний

Известно [9], что знания характеризуются рядом свойств, отличающих их от традиционных моделей данных. К таким свойствам можно отнести.

*Внутренняя интерпретируемость.*

*Структурированность.*

*Связность.*

*Семантическая метрика.*

*Актуальность.*

Кроме того, свойство актуальности знаний может порождать процесс актуализации, который имеет определяющее значение в цепочке переходов «хранилище\_данных → востребованная\_информация → знания». Однако для нас более актуальной (с практической точки зрения) является проблема не первичности компонент цепочки, а их принадлежность. Известны следующие описания принадлежности указанных компонент, признаваемые многими исследователями.

*Данные –*

*Информация –*

*Знания*

Для пояснения сказанного можно привести известный пример из школьной практики [8]. Изучение отдельных школьных курсов по соответствующим учебникам (востребованная информация) происходит на определённых этапах, выбираемых из всего множества курсов (хранилища данных), определённых школьной программой. Школьные учителя занимаются тем, что управляют процессом преобразования информации, находящейся в школьных учебниках (которые школьники чаще всего читают «от сих до сих»), в знания. При этом при опросе учеников учителя профессионально при помощи специальных вопросов выясняют, находится ли в голове у школьника запомненная информация (то есть он урок зазубрил) или она преобразовалась в знание.

Следовательно, на любом этапе преобразования требование актуализации соответствующей компоненты является обязательным (но не достаточным) условием перехода в более высокую степень абстрактности. И если для первого перехода («хранилище\_данных → востребованная\_информация») механизмы актуализации достаточно хорошо изучены и проработаны, то для второго перехода («востребованная\_информация → знания») указанные механизмы являются слабо изученными и реализованы в разрозненных экспериментальных разработках.

Проблема извлечения знаний из текста представляется не только не тривиальной, но и весьма сложной, несмотря на несомненные достижения Computer science в этой области. Как справедливо замечено в [8], «Текст есть знаковая конструкция и часто содержит знание. Но текст есть не знание, а только его источник. Знания из текста ещё нужно извлечь. Человеку или КС. Библия содержит много знаний, но всякий извлекает их по-своему и не всё, что от туда можно потенциально извлечь».

#### *Источники знаний и проблема формирования новых знаний*

В многочисленных исследованиях по тематике ИИ, и в частности работы со знаниями [1, 2, 5, 7, 9-17], выделяют два основных *источника знаний* – это эксперты, специалисты в своей проблемной области и лингвистический корпус текстов (или множество ЕЯО). Если для первого источника методы приобретения знаний достаточно хорошо изучены и проработаны, а также известны соответствующие промышленные экспертные системы, то для второго - разработаны только отдельные методы, не связанные в единую интегрированную технологию, а соответствующие информационные системы носят экспериментальный характер и не совершенны. Извлечение и обработка знаний из ЕЯО является одним из разделов Data mining и признано перспективным междисциплинарным направлением исследований.

Известно достаточно много моделей представления знаний и соответствующих им методов обработки в КС [8-10, 13, 16, 18 и др.]. Их выбор для конкретного приложения существенно зависит от характера знаний ПдО, наличия средств автоматизации построения БЗ, объема последней, а главное – набора реализуемых соответствующей системой функций.

Следует отметить, что существующие механизмы извлечения новых знаний оперируют только знаниями силлогистического типа. Переход к формированию новых знаний более высокого уровня абстракции методами ИИ представляет собой сложную научную проблему. Такие знания, если принять изложенную в [6] вероятностную модель человеческого мышления, соответствуют уровню предсознания *Наблюдателя* и организованы в сложную *онтологическую структуру* с полным набором связей между концептами (“Вот где востребована наиболее полная система семантических отношений, связывающая между собой “доступные” *Наблюдателю* понятия реального мира!”). Из сказанного следует, что в настоящее время автоматическое построение БЗ для широких предметных областей представляет сложную научную проблему. (Такое предположение основывается также на известных утверждениях исследователей Винограда, Флореза и Вейзенбаума [13] о том, что наиболее важные аспекты естественного интеллекта в принципе невозможно смоделировать с помощью формальных символьных манипуляций. Необходимы, в частности, обучение и понимание ЕЯ). При этом извне (по отношению к КС) указываются уровни расположения базовых понятий ПдО и базовые отношения между ними. Такую структуру, созданную вручную инженером по знаниям на основе тезауруса ПдО, можно представить как *начальную онтологию ПдО*. При этом не следует забывать об её лингвистическом аналоге, так как переход от терминов (выраженных в тексте лексемами) к понятиям ПдО является далеко не тривиальным.

Как отмечено в [9], что наиболее перспективными представляются ЗОИС, функционирование которых опирается на автоматизацию процесса извлечения и формализации содержания естественно-языковых текстов с последующей обработкой формализованного представления этого содержания логико-семантическими методами с ориентацией на конкретную ПдО.

*Целью* данной работы является

### ***Методологические основы проектирования ОУИС***

В соответствии с целью работы главными составляющими методологии являются онтолого-инфологический подход (сочетающий в себе логико-информационную и онтологическую компоненты) к проектированию класса онтолого-управляемых информационных систем, парадигма двойственного участия концептуальных (онтологических) знаний при языковой и проблемной обработке информации, а также виртуальная парадигма (в частности, архитектура компьютерной системы, ориентированная на технологию реконфигурируемого

процессинга). Последнюю связывают также с реализацией принципа адаптивности, который предполагает наличие в ОУИС потенциальных возможностей улучшения работы в условиях априорной и текущей неопределённостей на основе обучения и опыта.

### Общая схема компьютерной обработки знаний

Общая схема компьютерной обработки знаний, содержащихся в ЕЯО, представлена на рис. 2. Здесь в общем виде отражена информационная модель обработки знаний, начиная с поиска на всём информационном пространстве текстовых данных заданной в запросе пользователя (возможно в виде предложения на ЕЯ) текстовой информации и последующего её преобразования (в общем случае) в простые, ситуационные и новые (формальные) знания.

Рис.2. Компьютерная обработка знаний, содержащихся в ЕЯО.

*Под простыми знаниями*

*Под ситуационными знаниями*

Под новыми знаниями понимается

### Схема классификации средств и методов обработки ЕЯО

На рис. 3 представлена онтолого-классификационная схема концептуальных понятий, верхние уровни которой в совокупности отображают проблематику (структуру) многочисленных научных исследований в области ИИ [5, 14 и др.], а нижние уровни представляют объект, предмет и методы исследований при решении научно-технической проблемы построения ОУИС [1, 9, 19-21 и др.].

На нём приняты следующие сокращения: ИТ – информационная технология, ИИ - искусственный интеллект, ИС – информационная система, ПдО – предметная область, ИИС - интеллектуальная информационная система, КЛ – компьютерная лингвистика, ЕЯО – естественно-языковые объекты, ЗОИС – знание-ориентированная информационная система, ЭБ - электронные библиотеки, КП – корпоративная память, БЗ ПдО – база знаний предметной области, ОУИС ПдО – онтолого-управляемая информационная система предметной области, ЯОИС – языково-онтологическая информационная система, ЕЯ – естественный язык, ОПдО – онтология предметной области, БД ФПрВ – база данных фактов и правил вывода, ЯОКМ - языково-онтологическая картина мира; типы родо-видовых отношений: 1 – род-вид, 2 – часть-целое, 3 – по объекту преобразований, 4 – по процессу преобразований, 5 – по результату преобразований.

На рис. 4 представлен детализированный фрагмент схемы (рис. 3) с признаками деления понятий (и соответствующей группировкой) по объекту и предмету исследований, в котором отражена совокупность научно-технических задач, входящих в круг решения указанной проблемы. На нём приняты следующие обозначения: СИИ – семантико-информационный

интерпретатор, ЛП – лингвистический процессор, ГА – грамматический анализатор, СА – семантический анализатор, ПП – прикладной процессинг, ОБЗ ПдО – онтологическая БЗ ПдО, ФЛП ПЗ – формально-логические методы представления знаний, ФКЗ – формализация качественных знаний, МПЗ – модели представления знаний, АЛС – алгебро-логические системы, СС – семантические сети, КГ – концептуальные графы, KIF – Knowledge Interchange Format, ЛППП – логика предикатов первого порядка. МИ – методы интерпретации, РМ – революционные методы.

На рисунке показаны только концепты и связи между ними, существенные с точки зрения разработки методологии проектирования ОУИС.



Рис.4. Средства и методы обработки ЕЯО.

“Онтологизированный” подход к проектированию ОУИС

Проектирование ОУИС предполагает разработку двух взаимодействующих подсистем, соответственно для обработки знаний в заданной ПдО и обработки текстов на основе “языковых” знаний (или знаний из ПдО “Компьютерная лингвистика”). Указанные информационные системы на рис.3 и 4 представлены соответственно как онтолого-управляемая ИС обработки знаний в заданной ПдО (ОУИС ПдО) и языково-онтологическая ИС обработки текстовой информации на основе языковых знаний (ЯОИС). В общем случае ЯОИС выполняет “языковую” обработку текстовой информации, а ОУИС ПдО - “машинную” обработку формализованных предметных знаний. Взаимодействие между указанными подсистемами осуществляется при реализации некоторого полужормального отображения, использующего базу языковых знаний (в основе которой лежит языково-онтологическая картина мира (ЯОКМ)) [1, 21] и базу знаний заданной ПдО.

Известно, что в процессе создания ЗОИС главными задачами являются

Неотъемлемой компонентой любой ЗОИС является наличие в ней базы знаний, в которой в компьютеризированной форме представлены знания предметной области. Именно наличие этих знаний в системе позволяет ей успешно решать как традиционные, так и новые задачи, которые ранее были исключительно прерогативой человека. В процессе проектирования БЗ всё чаще применяется онтологический подход, при котором ядром БЗ ПдО является онтология предметной области (ОПдО). Возникло даже самостоятельное ответвление в исследованиях по построению баз знаний - “*онтологические базы знаний*”. Такая онтология (или онтологические знания) одновременно может выступать и как информационная структура концептуальных знаний ПдО, и как один из главных компонентов ЗОИС. Указанное функциональное сочетание отображает два аспекта проектирования ЗОИС – информационный объект и инструментальное средство обработки, или в более общем случае – информационную и логическую концепции проектирования ЗОИС.

Таким образом, анализ процесса проектирования ИИС с общих гносеологических позиций позволяет выделить следующие этапы этого вида научно-познавательной деятельности [9, 12]. Прежде всего, это выделение некоторой части объективной реальности (предметной области), с моделью которой необходимо работать. На следующем этапе происходит выявление наиболее существенных черт, явлений ПдО, определение элементарных понятий и их взаимосвязей, законов и ограничений, управляющих развитием данной ПдО, - т.е. создаётся некоторый образ реальности, отражающий (пока ещё) нестрогое её восприятие исследователем. Для фиксации приобретаемых знаний в виде текста в рамках некоторой знаковой систе-

мы необходимо определить формализм, который позволил бы это сделать. Собственно, необходим язык, по возможности более строгий, чем естественный, и в то же время не слишком отличающийся по восприятию от последнего. Необходим также метод (методы), позволяющий осуществить формализацию знаний. Таким может быть сочетание логико-информационного и аксиоматического методов. Поэтому следующий этап процесса проектирования заключается в построении формальной теории исследуемой ПдО в соответствии с принципами формализации. Построенная таким образом формальная теория подлежит интерпретации, то есть каждому выражению теории нужно задать некоторым образом соответствие действительному положению вещей, иначе, каждому понятию сопоставить конкретный объект реального мира, а каждому суждению – связь реальных объектов, соответствующих входящим в данное суждение понятиям, и т.п. После этого можно определять истинность или ложность высказываний теории, то есть уже можно судить о правильности рассуждений о предметной области. В результате этого можно исследовать построенную модель в строгом научном смысле, ставить по отношению к последней вопросы о её полноте, непротиворечивости, разрешимости, проследить её эволюцию и т.п. и, наконец, интерпретировать полученные в результате решений этих задач знания в заданной ПдО.

Цепочка информационных технологий представляет собой реализацию базовых процедур анализа, синтеза и понимания естественного языка (ЕЯ) компьютером, которые в более широком смысле можно выразить продукционной цепочкой: *входное\_сообщение* → *система\_знаний* → *реакция*. Суть этой цепочки определяется интеграцией лингвистических и предметных знаний, что, в общем случае представляет интегрированную информационную технологию, находящуюся в стадии интенсивного развития исследований (в том числе и фундаментальных) как по центральной проблеме – представления знаний и методов их использования – так и по принципам, методам, подходам, технологии построения интеллектуальных систем, разработке их архитектуры и технологии применения. Описанная схема средств, уровней и технологий обработки предметных знаний, содержащихся в ЕЯО, представлена на рис.5. Здесь ЛКТ – лингвистический корпус текстов.

Рис.5. Схема обработки знаний, содержащихся в ЕЯО

### Задачи и особенности проектирования ОУИС

#### **Архитектурно-структурная организация ЗОИС**

Современные архитектуры КС ориентированы на обработку знаний. В 80-х годах прошлого столетия японскими специалистами для преодоления семантического разрыва между человеком и компьютером было предложено ряд архитектур КС, отвечающих требованиям

обработки знаний под общим названием “архитектура ЭВМ пятого поколения” [26] (однако поставленная конечная цель перед проектом так и не была достигнута). Анализ указанных архитектур показал, что их основными компонентами являлись, кроме машин баз знаний, и машины обработки структурированных данных. А для машин обработки неструктурированных данных, в частности ЕЯО, исследования по созданию новых архитектур не проводились. Очевидно, это было связано с тем, что (как указывалось выше) принципиально невозможно полностью формализовать ЕЯО. Справедливости ради следует отметить, что ряд идей, выдвинутых в процессе реализации проекта по созданию ЭВМ пятого поколения, в новом качестве могут быть использованы и в настоящее время для архитектур обработки ЕЯ, в частности применение интеллектуальной многопортовой памяти, сортировки, параллельной обработки синтаксических единиц ЕЯО и др.

Новым толчком в активизации исследований по созданию новых архитектур (и соответствующих структур) машин обработки ЕЯ явилось начатое в 90-х годах новое направление, названное онтологическим инжинирингом, как развитие Knowledge engineering. С этим направлением и в настоящее время связывают успехи в разработке новых архитектур КС обработки знаний.

Выполненный анализ когнитивного процесса познания, основных источников знаний, известных технологий обработки языковых и предметных знаний, архитектурных особенностей информационных систем, реализующих указанные технологии (что в некоторой степени зафиксировано на рис. 5), позволяет сделать некоторые, общего характера выводы относительно архитектурно-структурной организации современной ОУИС. В частности:

- 
- 
- 
- 

Достаточно подробное описание архитектурно-структурной организации ЯОИС приведено в [1, 9, 21-23]. Ниже приведём описание систему обработки предметных знаний – ОУИС ПдО, а также общие замечания в части архитектурно-структурной организации ОУИС с онтолого-управляемой архитектурой.

Блок-схема ОУИС ПдО представлена на рис.6.

Рис.6. Блок-схема ОУИС ПдО

#### Компоненты ОУИС ПдО

На основе анализа известных положений об архитектурно-структурных особенностях и потребительских признаках ЗОИС [1, 2, 11], определим состав и назначение основных ком-

понентов онтолого-управляемой информационной системы обработки знаний в произвольной предметной области (ОУИС ПдО).

ОУИС ПдО содержит онтологическую базу знаний (в общем случае конечное множество системно интегрированных онтологических баз знаний), машину вывода, систему прикладного процессинга и интерфейс с пользователями и/или внешней средой. Компоненты ОУИС ПдО характеризуются совокупностью следующих признаков:

- 
- 
- 
- 

Одним из главных назначений такой ОУИС (прежде всего с точки зрения пользователя) является то, что в ней должна быть зафиксирована вся релевантная информация об интересующей его (пользователя) части реального мира, чтобы иметь возможность манипулировать данной информацией и моделировать рассуждения человека о правилах, законах и ограничениях, действующих в этой части реального мира (предметной области) и управляющих её развитием, о других её свойствах и характерных особенностях.

Архитектурно-структурная организация онтолого-управляемой информационной системы обработки знаний, содержащихся в ЕЯО, представлена на рис.7. Здесь приняты следующие обозначения: ЗОПС – знание-ориентированная поисковая система, ЯПЗ – язык представления знаний, ЛБД – лексикографическая база данных, ЛО ПдО – лингвистическая онтология предметной области.

Рис.7. Архитектурно-структурная организация ОУИС

Отметим следующие особенности архитектуры:

- 
- 
- 

## Заключение

1. Палагин А.В. Архитектура онтологоуправляемых компьютерных систем // Кибернетика и системный анализ. 2006 - №2. – С.111-124.
2. Кургаев А.Ф. Проблемная ориентация архитектуры компьютерных систем. – Киев: Сталь, 2008. – 540с.
3. Ракитов А.И. Курс лекций по логике науки. - М.: Изд-во «Высшая школа». 1971.-176 с.
4. Кондаков Н.И. Логический словарь-справочник. – М.: Наука, 1975. – 720с.
5. Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. Структура исследований в области искусственного интеллекта // Толковый словарь по искусственному интеллекту. — М.: Радио и связь, 1992. — С. 5—20.
6. Налимов В.В. Спонтанность сознания: вероятностная теория смыслов и смысловая архитектура личности. –М.: Изд-во «Прометей» МГПИ им. Ленина, 1989. – 288 с.
7. Хилькевич А.П. Проблема расширения традиционной силлогистики. – Минск: Изд. БГУ, 1981. – стр.115.
8. Рыков В.В. Управление знаниями. Доступно на <http://ryk-kypc2.narod.ru/part2.doc>.
9. Палагин А.В., Яковлев Ю.С. Системная интеграция средств компьютерной техники. – Винница: УНІВЕРСУМ. – 2005. – 680с.

10. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. –СПб.: Питер, 2001. – 384с.
11. *Кургаев А.Ф.* Анализ развития идеала структуры научной теории // Кибернетика и вычислительная техника. – 2003. – Вып. 139. – С. 50–63.
12. *Андон Ф.И., Яшунин Л.Е., Резниченко В.И.* Логические модели интеллектуальных информационных систем. – К.: Наук. думка. - 1999. – 397с.
13. *Льюггер Дж. Ф.* Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем: Пер. с англ. — 4-е изд. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. —864 с.
14. *Башмаков А.И., Башмаков И.А.* Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.
15. Искусственный интеллект: В 3 кн. Кн. 1. Системы общения и экспертные системы: Справочник / Под ред. *Э.В. Попова*. — М.: Радио и связь, 1990. – 464 с.
16. Искусственный интеллект. – В 3-х кн. Кн.2. Модели и методы: Справочник / Под ред. *Д.А. Поспелова*. – М.: Наука, 1990. – 304 с.
17. Искусственный интеллект: В 3 кн. Кн. 3. Программные и аппаратные средства: Справочник / Под ред. *В.Н. Захарова, В.Ф. Хорошевского*. — М.: Радио и связь, 1990.— 368 с.
18. *Гладун В.П.* Процессы формирования новых знаний. - София: СД "Педагог 6", 1994. – 192 с.
19. *Кривий С.Л.* Дискретна математика: Вибр. питання: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К.: Вид. дім. “Києво-Могилянська академія”, 2007. – 572с.
20. *Палагин А.В.* К решению основной задачи эмуляции // УСиМ. – 1980. – №3. – С.24-28.
21. *Палагин О.В., Петренко М.Г.* Розбудова абстрактної моделі мовно-онтологічної інформаційної системи // Математичні машини і системи. – 2007. – №1. - С.42-50.
22. *Палагин А.В., Петренко Н.Г.* К проектированию онтологоуправляемой информационной системы с обработкой естественно-языковых объектов // Математические машины и системы. – 2008. – №2. – С.14-23.
23. *Палагин А.В., Петренко Н.Г.* К вопросу проектирования онтологоуправляемой ИС обработки ЕЯО. International Book Series “INFORMATION SCIENCE & COMPUTING”, Number 2. – Varna, Bulgaria. - 2008. – pp. 160-164.
24. *Sowa, John F.* Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations, Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, ©2000. – 594 pp.
25. *Рубашкин В.Ш.* Представление и анализ смысла в интеллектуальных информационных системах. – М.: Наука, 1989. – 191с.
26. ЭВМ пятого поколения: Концепции, проблемы, перспективы / Под ред. *Т. Мотоока*; Пер. с англ.; Предисл. Е.П. Велихова. – М.: Финансы и статистика, 1984. – 110 с.