

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

## К вопросу о построении знание-ориентированных компьютерных систем для научных исследований

Разработаны формально-логические основы проектирования архитектуры знание-ориентированных компьютерных систем для научных исследований. Предложены обобщенные интеллектуальные процедуры, поддерживающие соответствующие этапы выполнения научно-исследовательских работ. Для каждой процедуры рассмотрен процесс интерпретации последовательности действий и схема их реализации на архитектурных блоках системы. Формальное описание процедур выполнено в соответствии с алгеброй алгоритмов Глушкова.

The formal-logical bases of the architecture designing of the knowledge-oriented computer systems for the scientific research are developed. Generalized intelligent procedures supporting a corresponding stages of the scientific and research works are proposed. For each procedure, the process of interpreting of a sequence of actions and the implementation scheme based on the architectural system blocks is considered. A formal description of the procedures are carried out in accordance with Glushkov's algebra of algorithms.

Розроблено формально-логічні основи проектування архітектури знання-орієнтованих комп'ютерних систем для наукових досліджень. Запропоновано узагальнені інтелектуальні процедури, які підтримують відповідні етапи виконання науково-дослідницьких робіт. Для кожної процедури розглянуто процес інтерпретації послідовності дій і схема їх реалізації на архітектурних блоках системи. Формальний опис процедур виконано згідно з алгеброю алгоритмів Глушкова.

**Введение.** Главными компонентами информатизации современного общества, включая отрасль науки, являются интеллектуально-информационная технология, информационный ресурс, т.е. вся информация (знания), которыми обладает общество на современном этапе развития, и, наконец, технические средства, представленные двумя составляющими: средствами обработки информации – интеллектуально-информационными (или знание-ориентированными) системами и средствами передачи информации – телекоммуникациями [1].

### Постановка задачи

Процесс информатизации при этом можно представить схемой:

Т  
↓

$$И = ИИТ(ИР \rightarrow ЗОИС \rightarrow П),$$

где ИИТ – интеллектуальная информационная технология, ИР – информационный ресурс, ЗОИС – знание-ориентированная информационная система, Т – телекоммуникации, П – приложение результатов.

Результатом описанного процесса информатизации в общем случае будет либо увеличение ИР путем выработки новых знаний, либо

актуализация ИР путем решения определенных задач управления всевозможными материальными процессами. Именно увеличение ИР путем выработки новых знаний есть целью научных исследований (НИ) в широком плане.

Знание-ориентированная концепция развития общества соотносится с когнитивной парадигмой информатики, в соответствии с которой любые процессы обработки и использования информации рассматриваются в терминах знаний, которыми оперирует ЗОИС, что можно представить формулой Брукса [2]:

$$K(S) + dI = K(S + dS), \quad (1)$$

где  $K(S)$  – исходная структура знаний,  $dI$  – порция информации, модифицирующая исходную структуру,  $K(S + dS)$  – новая структура знаний,  $dS$  – новая порция знаний. В соответствии с ней в процессе функционирования ЗОИС исходная структура  $K(S)$  знаний, содержащихся в ней, модифицируется по результатам обработки порции информации  $dI$ , образуя новую структуру  $K(S + dS)$ , т.е. создавая новую порцию знаний  $dS$ . Данная формула с ее составляющими и интерпретирующими процедурами отображает сущность научно-исследовательской работы (НИР) и всех ее этапов, определяя главный смысл ее результатов [1].

В данной статье сделан акцент на информационную, инструментальную и процедурную поддержку научного работника (НР) на предварительном и основном этапах выполнения НИР.

### **Онтологическая концепция поддержки научных исследований**

Рассмотрим формулу (1) с точки зрения ее онтологической интерпретации.

Любая система знаний есть системной и логической структурой по определению. Ее можно формально описать в онтологическом виде, сочетающем в себе графическую и аналитическую формы представления знаний. С другой стороны, известно, что к статическим знаниям относятся множества понятий, отношений между понятиями и множествами свойств, признаков для каждого понятия. В свою очередь понятия делятся на понятия-объекты и понятия-процессы, отношения также делятся на отношения между понятиями-объектами и между понятиями-процессами, множества функций интерпретации также различны для понятий-объектов и понятий-процессов.

Более сложный вид знаний – это динамические знания. Это такие знания, когда совокупности понятий-процессов упорядочиваются в последовательности произвольной мощности, формирующие определенные методологии, методы и методики. Последние обязательно содержат указания на совместное использование понятий-объектов и понятий-процессов. Кроме того, для них могут быть заданы множества аксиом, содержащих дополнительные интерпретации связей *объект↔процесс* и ограничения. В общем случае новые знания ( $dS$ ) могут быть получены в результате теоретических исследований с использованием системы как статических, так и динамических знаний. В результате образуется порция новой информации  $dI$ .

Далее в процессе анализа (интерпретации) полученной информации ( $dI$ ) может быть выявлена порция новых знаний  $dS$ , представляющая собой:

- 1) новые понятия-объекты и/или понятия-процессы;
- 2) новые связи (отношения) между понятиями;

3) новые интерпретации понятий;

4) новые совокупности взаимосвязей между понятиями-объектами и понятиями-процессами, что в результате приводит к новым методам, методам и методологиям.

Пункты 1) – 3) относятся к новым статическим знаниям, а пункт 4) – к динамическим.

### **Выполнение НИР**

С учетом специфики реализации интеллектуальной информационной поддержки НИР выделено четыре этапа работ НИР [1]:

*Этап 1. Постановка научной проблемы.* Этот этап разбивается на ряд подэтапов: изучение исходного состояния предметной области (ПДО) (этот подэтап целесообразно выполнить на основе системно-онтологического анализа [3]); выбор инновационной стратегии; планирование НИР (и совокупности научных экспериментов (НЭ)); накопление и изучение научно-технической литературы; построение знание-ориентированных информационных структур для исследуемой ПДО и самого НР; формулирование научно-технической проблемы, состоящей, в том числе, из множества гипотез проведения НЭ. Основная работа начального этапа может быть поддержана инструментальным комплексом онтологического назначения (ИКОН) [2], реализующим соответствующие ИИТ.

*Этап 2. Проведение собственно научно-исследовательской работы,* или решение научно-технической проблемы. Этот этап условно разбивается на такие подэтапы: уточнение модели проблемной ситуации; формирование, интегрирование и уточнение исходных знаний; выбор и адаптация обобщенных интеллектуальных процедур поддержки НИ и НЭ (на этом подэтапе, очевидно, также могут быть полезными результаты работы ИКОН при интерпретации знание-ориентированных информационных структур в соответствии с алгоритмами указанных интеллектуальных процедур); проведение эксперимента; процесс приращения новых знаний, позволяющих получить искомые решения научной проблемы (этот подэтап непосредственно связан с процессом выявления новых знаний по формуле Брукса).

*Этап 3. Обобщение, оформление и презентация* результатов НИР. Этап непосредственно связан с эффективным обобщением и представлением результатов НИР в компьютерном виде. Одно из возможных таких представлений – формальное онтологическое представление, которое ИКОН формирует автоматически.

*Этап 4. Внедрение результатов.* Этап представляет собой комплекс технико-экономических и организационных мероприятий по обеспечению внедрения результатов НИР. Основа указанных мероприятий – маркетинговые исследования и разработанный на их базе бизнес-план.

### Системно-онтологический подход к проведению НИР

Применение системного подхода при разработке методологической базы НИ и научных экспериментов в частности давно стало нормой. Но если для методик общего характера он работает довольно эффективно, то для специфических НЭ требуется адаптация (уточнение) его положений и рекомендаций. А такое уточнение выполняется конкретным исследователем в силу его профессиональных навыков и степени освоения им предметных знаний («...поскольку экспериментальная деятельность очень разнообразна, сочетает в себе множество методик и приемов, которые часто изобретаются *ad hoc* и не универсальны, постольку невозможно дать общее описание экспериментирования раз и навсегда» [4]). Отсюда следуют разного рода противоречия при проведении экспериментов по методикам, составленным разными исследователями.

Изложенное предопределяет разработку (или применение подходящего известного) некоторого видового (по отношению к родовому системному подходу) подхода, который позволил бы, с одной стороны, достаточно «легко» разрабатывать методики для однотипных НЭ, а с другой – был общезначимым в том смысле, что методики, разработанные на его основе, удовлетворяли бы большинство экспериментаторов.

Одним из возможных подходов служит системно-онтологический подход [3], в котором знания ПдО описываются онтологиями объек-

тов, процессов и задач. При этом онтологии объектов и процессов определяются ПдО, в рамках которой проводятся научные исследования, и есть знание-ориентированными информационными структурами, а онтология задач определяет процедуры проведения ряда однотипных исследований (экспериментов) и является подмножеством указанных интеллектуальных процедур. Средства поддержки проведения НИ – это знание-ориентированные информационные системы и их конкретная реализация – ИКОН [2].

### Архитектура АРМ информационной поддержки НИР

В настоящее время выделяются в самостоятельные направления (прежде всего по таким признакам как научные трудозатраты и широта охвата проблемы) такие виды НИ как моно-, меж- и трансдисциплинарные. Если для первых НИ еще мог обойтись без онтологии и базы знаний исследуемой ПдО, самостоятельно добыть и использовать ИР, то для вторых и третьих – построить такой ИР (желательно автоматизированным способом) и соответствующие интеллектуальные процедуры поддержки НИР стало проблематичным.

На рис. 1 представлена схема информационно-инструментальной поддержки НИР на предварительном этапе их выполнения, являющаяся частью архитектуры развивающейся ЗОИС поддержки НИР. Приняты следующие обозначения: АРМ НИ – автоматизированное рабочее место научного работника; ЛК ПдО – лингвистический корпус ПдО, где проводятся НИ.

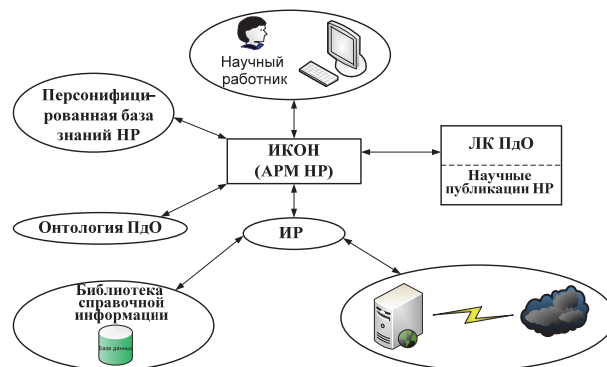


Рис. 1

При этом под библиотекой справочной информации подразумевается электронная коллек-

ция энциклопедий, толковых словарей, тезаурусов и другой справочной информации в заданной ПдО, а под толковым словарем – новое поколение терминологических систем [5] – толковый онтографический словарь. Последний разрабатывается при построении онтологии ПдО [2].

Персонифицированная база знаний НР – база знаний, составленная на основе компьютерной обработки всех научных публикаций этого ученого и публикаций, репрезентативно представляющих данную ПдО. Концепция и концептуальная схема построения и использования персонифицированной базы знаний научного работника рассмотрена в [6].

### Архитектурно-структурная организация ЗОИС и основные интеллектуальные процедуры поддержки НИР

Рассмотренные в [2] онтологическая концепция проектирования, онтологическая модель, свойства онтолого-управляемой архитектуры и онтологическая компонента знание-ориентированных информационных систем в совокупности представляют собой онтологический базис ЗОИС обработки предметно-ориентированных знаний в произвольной предметной области, включая и выполнение НИР. По онтологической классификации его (базис) можно разделить на подсистему онтологического управления и подсистему обработки данных (знаний). Они, в своем единстве, – это ключевая компонента ЗОИС с естественно-языковым представлением, обработкой и актуализацией знаний, которой присущи также функции интеграции, информационного взаимодействия и саморазвития [7].

Модель обобщенной архитектуры развивающейся ЗОИС описывается четверкой [8]:

$$A = \langle O, D, F, P \rangle, \quad (2)$$

где  $O = \{O_1, O_2, \dots, O_k\}$  – множество онтологий, входящих в онтологическую подсистему ЗОИС;  $D = \{D_1, D_2, \dots, D_k\}$  – множество онтологических данных, входящих в онтологии  $\{O_1, O_2, \dots, O_k\}$  соответственно;  $F = F^O \cup F^D$ , где  $F^D = \{F_1^D, F_2^D, \dots, F_m^D\}$ ,  $F^O = \{F_1^O, F_2^O, \dots, F_l^O\}$  – множество процедур (задач), присущих саморазвивающейся ЗОИС, в том числе и задач пользова-

телей, реализующих процессы вычислений на онтологиях и данных;  $P = \{P_O\} \cup \{P_D\}$ , где  $P_O = \{P_{O_1}, P_{O_2}, \dots, P_{O_n}\}$  – предикаты, определенные на онтологиях  $\{O_1, O_2, \dots, O_k\}$   $P_D = \{P_{D_1}, P_{D_2}, \dots, P_{D_k}\}$  – предикаты, определенные на данных  $\{D_1, D_2, \dots, D_k\}$ .

На этом уровне получаем две многоосновные алгебры или многоосновные алгебраические системы [8]:

$$AC_O = (\{O_1, O_2, \dots, O_k\}, \Omega_O = (\{F_1^O, F_2^O, \dots, F_l^O\}, P_O))$$

$$AC_D = (\{D_1, D_2, \dots, D_k\}, \Omega_D = (\{F_1^D, F_2^D, \dots, F_m^D\}, P_D)).$$

В таком представлении сигнатуры операций  $\Omega_O$  и предикатов  $\Omega_D$  на онтологиях и данных, вообще говоря, нефиксированные, так как уже имеющиеся наборы операций и предикатов могут пополняться пользовательскими (научного работника) операциями и предикатами. Однако выделяется некоторое множество базовых операций и предикатов, относительно которых и строятся эти алгебраические системы.

Научный работник, взаимодействуя с ЗОИС, формирует процедуры, реализующие соответствующие процессы верхнего уровня различного назначения с помощью операторов суперпозиции и итерации из предикатов  $P_O$  и  $P_D$ , а также  $F_i^O$  и  $F_j^D$ ,  $i = \overline{1, l}$ ,  $j = \overline{1, m}$ , а на нижнем уровне система интерпретирует операторы и операции алгебр  $AC_O$  и  $AC_D$ .

Такая формализация позволяет синтезировать блок-схему ЗОИС поддержки НИР и развития самой системы (рис. 2). Она состоит из подсистемы прикладного процессинга (ПП) и интерфейса НР, подсистемы манипулирования (экстра) лингвистической информацией, онтологической подсистемы и подсистемы базового процессинга. Сюда следует отнести и внешние источники информации как важную компоненту извлечения и пополнения знаний и данных в соответствии с целенаправленной функциональной деятельностью ЗОИС научно-исследовательского профиля.

Рассмотрим состав и функции подсистем ЗОИС [9]:

- 1 – подсистема манипулирования (экстра) лингвистической информацией – составная часть ИКОН [2];

- 2 – внешние источники информации реализуют внешние функции подсистемы Информационный ресурс ИКОН;

- 3 – онтологическая подсистема содержит, в том числе, онтологическую базу знаний, которая есть компьютерной формой представления модели исследуемой ПдО. Она состоит из концептуальной надстройки (иерархической структуры концептуальных понятий – онтологии ПдО) и фактографической базы, включающей в себя в качестве компонентов базы фактов и правил вывода новых фактов. В свою очередь, концептуальная надстройка связана концептуальными отношениями с понятиями более высокого уровня абстракции, входящими в так называемую метаонтологию домена прикладных областей (например, информатика, медицина, материаловедение, право и др.);

- 4 – подсистема базового процессинга состоит из таких блоков: машины вывода базового процессинга (4.1); хранилища данных и знаний, которое содержит ряд библиотек и баз данных, где хранится, обновляется и актуализируется концептуальная информация и фактографические данные (4.2); процедуры отработки целевых заданий НР (4.3) и методов (алгоритмов) решения задач (вместе с интерпретатором базовых предикатов из  $P_O, P_D$  и процедур  $F_i^O$  и  $F_j^D$ ) (4.4).

- 5 – интерфейс научного работника осуществляет перевод текущих заданий/результатов в их внутреннее (машинное)/внешнее (язык пользователя) представление;

- 6 – подсистема ПП [6] осуществляет в диалоге с НР и/или внешней средой следующие функции: принимает задания и формирует обобщенный алгоритм их реализации в виде последовательности интеллектуальных процедур поддержки деятельности НР; формирует задания для машины вывода и получает от нее результаты; выдает результаты решения задач (процедур) через пользовательский интерфейс [5]; осуществляет ввод, редактирование и пополнение знаний в БЗ ПдО;

Одним из главных назначений такой ЗОИС (прежде всего для пользователя) есть фиксация всей релевантной информации об интересующей его части реального мира для манипулирования ею, моделирование рассуждений в соответствии с правилами, законами и ограничениями, действующими в этой части реального мира (ПдО) и управляющими ее развитием, другими ее свойствами и особенностями, направленными на поддержку процесса проведения научных исследований междисциплинарного и трансдисциплинарного характера.

Особенности заданной ПдО полностью определяют подход к проектированию подсистем ЗОИС.

Такая композиция подсистем и блоков ЗОИС позволяет реализовать (в том числе) цепочку

метапроцедур: *обработка естественно-языковой информации → формальное логико-онтологическое представление естественно-языковой информации → компьютерная обработка знаний*, которые в известной степени соответствуют интегрированной информационной технологии работы со знаниями.

ЗОИС функционирует в двух режимах [2, 7, 9].

Режим А. *Обработка целевых заданий НР* (внешних, задаваемых НР на основном этапе НИР, и внутренних, задаваемых НР на предварительном

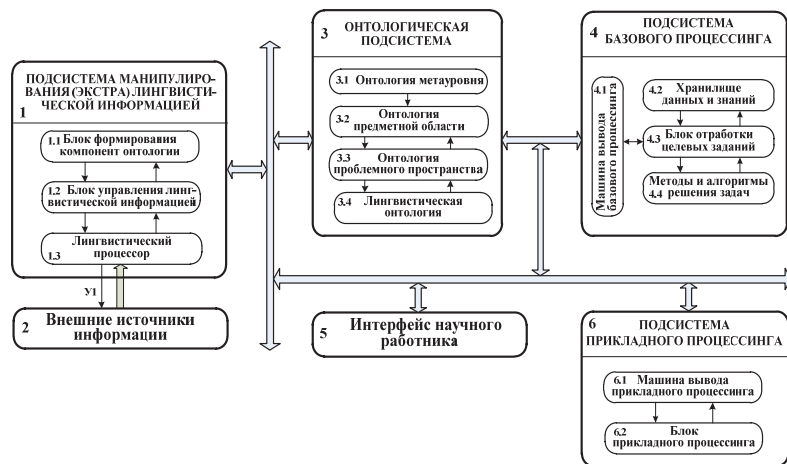


Рис. 2

этапе, которые условно можно разделить на задания прикладного и базового процессинга соответственно), в частности, активизация процесса, актуализация информации, релевантной одной или несколькими ПдО, и размещение ее в памяти, решение поставленного задания, выработка, систематизация и выдача результирующей продукции (в случае знание-ориентированной деятельности – приращение знаний).

Режим Б. Развитие ЗОИС 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.

Основные онтолого-управляемые функции, поддерживающие научную деятельность НР, таковы [7]:

- эффективное компактное представление системы знаний исследуемой ПдО на базе современных ИИТ (спецификация, концептуализация);
- поиск информации в системе знаний ПдО (справочные, информационно-поисковые системы);
- поиск необходимой информации в пространстве Интернет;
- постановка и решение научно-прикладных заданий в исследуемой ПдО (научных исследований и экспериментов [10–12], проектирования объектов новой техники, технологий и др.);
- развитие системы и получение новых знаний в соответствии с концептуальной моделью обработки знаний.

Приводимые далее обобщенные процедуры связаны с конкретными этапами НИР и ориентированы, прежде всего, на поддержку творческой деятельности научного работника, а также на развитие интеллектуальных способностей самой системы. При рассмотрении конкретной процедуры укажем ее преимущественное использование на соответствующем этапе согласно нумерации описанных этапов НИР.

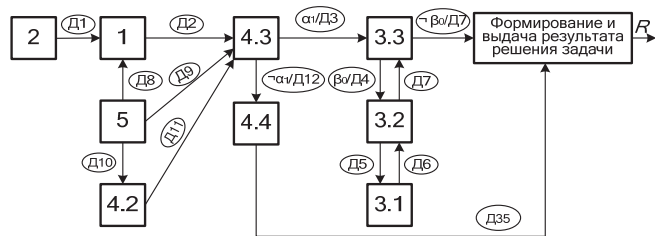
Рассмотрим граф-схемы активизации блоков архитектуры ЗОИС (см. рис. 2), реализующие основные обобщенные процедуры пере-

численных режимов функционирования ЗОИС. В свою очередь указанные процедуры предусматривают некоторую последовательность подпроцедур (операторов или действий – далее Д1, Д2 и т.д.), для которых в соответствии с моделью 2 составим логические выражения.

А. Режим обработки целевых заданий.

1. Активизация процесса (П1) (этапы 1, 2).

На граф-схеме условия  $\alpha_1$ ,  $\beta_0$  и циклы имеют следующее содержание:



$\alpha_1 \in P^O$  – характер активизируемого процесса: *истина*, если прикладной; *ложь*, если базовый;  $\beta_0 \in P^O$  – условие формирования фрагмента проблемного пространства, метода и алгоритма реализации актуализированного процесса;

Д1 – мониторинг внешних источников информации (ВИИ); лингвистическая и экстралингвистическая обработка поступающей информации, ее анализ на соответствие целевой установке;

Д1.1 (оператор действия Д1) – мониторинг ВИИ;

Ду1 – действие, инициирующее управляющий сигнал У1 (см. рис. 2) – начало следующего цикла мониторинга ВИИ;

Д2 – передача информации (индекса процесса и его параметров) о выбранном процессе (целевой процедуре) для актуализации из ВИИ (или подсистемы 1);

Д3 – передача начальных параметров для запуска выбранного процесса (задания);

Д4 – формирование фрагмента проблемного пространства, метода и алгоритма реализации актуализированного процесса или задания;

Д5 – формирование обобщенного фрагмента онтологий разных ПдО, процесс носит междисциплинарный характер;

Д6 – передача онтологических (онто) знаний обобщенного фрагмента онтологий разных ПдО;

Д7 – передача результатов выполнения заданного процесса;

Д8 – формирование и передача пользователем естественно-языковой информации об актуализации процесса (процедуры);

Д9 – формирование и передача пользователем информации (индекса процесса и его параметров) о выбранном процессе для его актуализации;

Д10 – формирование и передача пользователем параметров актуализации процесса, хранящихся в базах данных и знаний;

Д11 – передача информации об актуализованном процессе или задании из подсистемы базового процессинга;

Д12 – выбор метода актуализации процесса или задания;

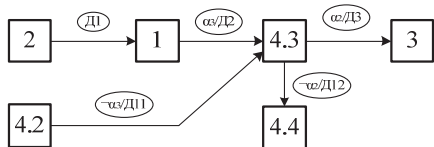
Д35 – формирование алгоритма актуализации процесса или задания.

$$\begin{aligned}
 \Pi 1 = & \text{Д8} \text{Д}_{\nu 1} \text{Д1.1} \left\{ \begin{array}{l} \text{Д1} \text{Д11} \\ -\alpha_{1,1} \end{array} \right\} \text{Д2}_{-\alpha_1} \times \\
 & \times \left( \text{Д12} \text{Д35} \vee \text{Д3} \left\{ \begin{array}{l} \beta_0 \\ \text{Д4} \text{Д5} \text{Д6} \text{Д7} \end{array} \right\} \right) R,
 \end{aligned}$$

где фигурные скобки означают повторение последовательности операторов при выполнении условия  $\alpha_1$  или  $\beta_0$ .

Наряду с компонентами традиционных систем обработки знаний ЗОИС содержит подсистему базового процессинга, осуществляющую активизацию процессов в соответствии с исходными целевыми установками.

## 2. Актуализация информации (П2) (этапы 1, 3).

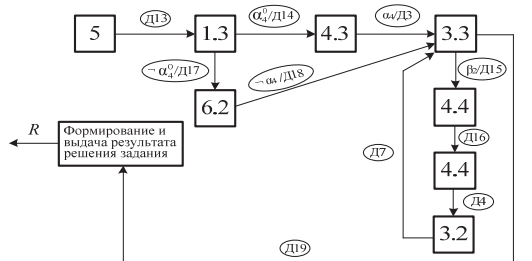


где  $\alpha_2 \in P^O$  – характер активизируемой информации: *истина*, если прикладной; *ложь*, если базовый;

$\alpha_3 \in P^O$  – источник активизируемой информации: *истина*, если ВИИ; *ложь*, если подсистема базового процессинга.

$$\Pi 2 = \text{Д1} \left( \alpha_3 \text{Д2} \vee \text{Д11} \right) \left( \alpha_2 \text{Д3} \vee \text{Д12} \right).$$

3. Решение задачи (П3) (этап 2). Постановка задачи представлена в виде естественно-языкового описания.



где  $\alpha_4 \in P^O$  – передача начальных параметров для запуска основного или альтернативного процесса (задания): *истина*, если основной; *ложь*, если альтернативный;

$\alpha_4^0 \in P^O$  – передача начальных параметров основному или альтернативному процессу: *истина*, если основному; *ложь*, если альтернативному;

$\beta_2 \in P^O$  – условие формирования фрагмента проблемного пространства решения задачи: *истина*, если не сформирован; *ложь*, если сформирован;

Д13 – передача расширенного описания постановки задачи на естественном языке;

Д14 – передача формализованного описания постановки задачи;

Д15 – передача параметров выбора метода и алгоритма решения задачи;

Д16 – передача информации о выбранном методе и алгоритме решения задачи;

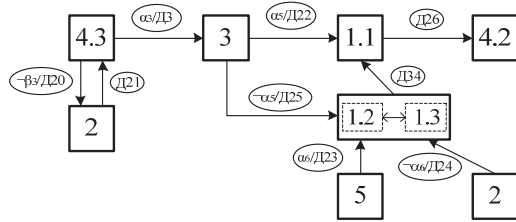
Д17 – передача информации о поступившем задании;

Д18 – передача информации об альтернативных заданиях;

Д19 – обработка концептуальных описаний решения задач. Поиск решения и его передача пользователю.

$$\begin{aligned}
 \Pi 3 = & \text{Д13} \left( \alpha_4^0 \text{Д14} \vee \text{Д17} \right) \left( \alpha_4 \text{Д3} \vee \text{Д18} \right) \times \\
 & \times \left\{ \beta_2 \text{Д15} \text{Д16} \text{Д4} \text{Д7} \right\} \text{Д19}.
 \end{aligned}$$

## 4. Приращение (мета) знаний (П4) (этап 2).



где  $\alpha_5 \in P^O$  – условие наполнения компонентами онто-знаний из онтологической подсистемы или подсистемы манипулирования (экстра) лингвистической информацией: *истина*, если онто-знания извлекаются из первой подсистемы; *ложь*, если из второй;

$\alpha_6 \in P^O$  – условие передачи пользователем или ВИИ фрагментов текстовой информации: *истина*, если пользователем; *ложь*, если ВИИ;

$\beta_3 \in P^O$  – условие получения от ВИИ всей информации: *истина*, если получена вся релевантная информация; *ложь* – в противном случае;

Д20 – передача запроса (к знание-ориентированной поисковой системе) на получение релевантной информации от ВИИ;

Д21 – передача релевантной запросу информации;

Д22 – передача фрагментов онто-знаний заданной ПдО для анализа;

Д23 – передача пользователем фрагментов текстовой информации;

Д24 – передача от ВИИ фрагментов текстовой информации;

Д25 – передача понятий и отношений между ними для построения онтографов фрагментов текстовой информации;

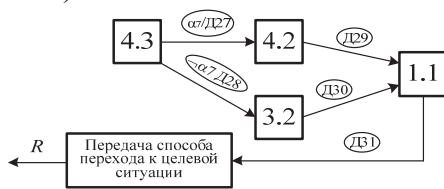
Д26 – извлечение онто-знаний из хранилища данных и знаний. Формирование приращений (мета) знаний и их хранение;

Д34 – передача (экстра) лингвистической информации внутри подсистемы 1.

$$\begin{aligned}
 \text{П4} = & \left( \alpha_3 \left\{ -\beta_3, \text{Д21Д20} \right\} \vee \text{Д3} \right) \times \\
 & \times \left( \alpha_5 \text{Д22} \vee \text{Д25} \left( \alpha_6 \left\{ \text{Д23} \vee \text{Д24} \right\} \right) \right) \text{Д34Д26}.
 \end{aligned}$$

### Б. Режим развития ЗОИС

1. Инвентаризация и систематизация знаний (П5) (этап 1).



где  $\alpha_7 \in P^O$  – условие выбора источника онто-знаний: *истина*, если из хранилища; *ложь*, если из текущей онтологии;

Д27 – передача запросов на считывание знаний;

Д28 – передача запроса на считывание онтологии заданной ПдО;

Д29 – передача запрашиваемых знаний из хранилища;

Д30 – передача запрашиваемых онто-знаний текущей онтологии;

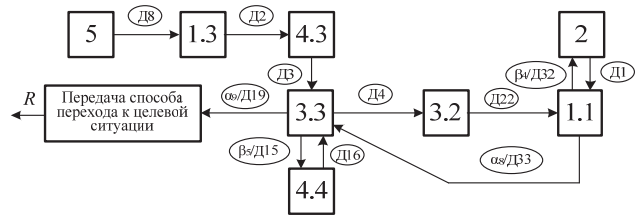
Д31 – формирование онтографов фрагментов знаний. Выполнение целевых процедур.

$$\text{П5} = \left( \alpha_7 \text{Д27Д29} \vee \text{Д28Д30} \right) \text{Д31}.$$

2. Решение класса задач, сформулированных в виде [7].

Задано: исходная  $S_i$  и целевая  $S_c$  ситуации.

Определить: способ (путь) перехода  $R: S_i \rightarrow S_c$  (П6) (этап 2).



где  $\alpha_8 \in P^O$  – условие нахождения способа перехода к целевой ситуации: *истина*, если способ найден; *ложь* – в противном случае;

$\beta_4 \in P^O$  – условие нахождения всей релевантной запросу информации: *истина*, если найдена вся информация; *ложь* – в противном случае;

$\beta_5 \in P^O$  – условие выбора всех методов и алгоритмов обработки информации: *истина*, если найдены все методы и алгоритмы; *ложь* – в противном случае;

Д32 – передача запросов на поиск информации в ВИИ;

Д33 – передача релевантных описаний решения проблемы.

$$\begin{aligned}
 \text{П6} = & \text{Д8Д}_{v1}\text{Д34Д2Д3} \left\{ -\beta_5 \text{Д15} \right\} \times \\
 & \times \text{Д4} \left( -\alpha_8 \text{Д22} \left\{ -\beta_4 \text{Д32} \right\} \text{Д33Д4} \right) \text{Д19}.
 \end{aligned}$$

В таблице представлены взаимосвязи обобщенных процедур с последовательностями циклов их исполнения.

В таблице цифрами I – VI обозначены обобщенные процедуры соответственно инициализации



зации процесса (I), активизации информации (II), решения задачи (III), приращения (мета) знаний (IV), инвентаризации и систематизации знаний (V), нахождения способа решения задания (проблемы) (VI).

Анализ таблицы показал, что при реализации описанных процедур наиболее активно используемыми действиями (три и более раз) стали Д1 – Д4. Отсюда – необходимость их более подробного описания (разбиение на операторы и операции), адаптации к конкретной научной деятельности НР и оптимизации.

В качестве примера рассмотрим действие Д1 – мониторинг ВИИ, лингвистическая и экстралингвистическая обработка поступающей информации, ее анализ на соответствие целевой установке для обобщенной процедуры П1 – активизация процесса (см. выше).

Детализация Д1 приводит к следующим действиям:

Д1.1 – мониторинг ВИИ;

Д1.2 – лингвистическая обработка поступившей от ВИИ информации;

Д1.3 – экстралингвистическая обработка поступившей от ВИИ информации;

Д1.4 – анализ, сравнение двух видов информации И1 и И2 (И1 – поступившей в виде набора ключевых слов или семантического пространства, и интерпретируемой как целевое задание, которое хранится в блоке 4.3 подсистемы 4 (см. рис. 2), и И2 – поступившей от ВИИ).

Итак, логическое выражение для Д1 можно записать в следующем виде:

$$Д1 = Д1.1Д1.2Д1.3Д1.4.$$

Далее детализируем действие Д1.4, которое

разбивается на два оператора – Д1.4.1 и Д1.4.2. Они интерпретируются так:

Д1.4.1 – прием полученной из ВИИ информации в блок 1.2 подсистемы 1;

Д1.4.2 – анализ условия  $\alpha_{1.1} \in P^0$  на релевантность информации И1 к информации И2: *истина*, если они релевантны и переход к действию Д2; *ложь*, если они нерелевантны, при этом выполняется переход к действию Д1.1, а блок 1.3 формирует управляющий сигнал У1, инициирующий начало следующего цикла мониторинга ВИИ.

Аналогично детализируются действия Д1.1 – Д1.3 для действия Д1, а также действия Д2 – Д12 для процедуры П1 – активизация процесса.

Нижним (конечным) уровнем детализации действия Д1.4 (а также других действий) есть последовательность операций или, в терминах алгебры алгоритмов Глушкова, – набор элементарных микроприказов.

В результате получаем исходную информацию для разработки микропрограммного автомата, моделирующего работу ЗОИС для научных исследований. Проектирование же собственно ЗОИС в целом выполняется методом онто-логического проектирования ЗОИС [2].

*Основные признаки и процедуры* ЗОИС с онтолого-управляемой архитектурой, ориентированной на поддержку научных исследований, таковы.

1. Активность (во времени) онтологической подсистемы, реализующей полный набор связей с другими подсистемами и внешним миром/пользователями.

2. Развитая система средств (процедур) под-

Взаимосвязи обобщенных процедур с последовательностями циклов

Процедуры	Последовательности действий																																				
	Д1	Д2	Д3	Д4	Д5	Д6	Д7	Д8	Д9	Д10	Д11	Д12	Д13	Д14	Д15	Д16	Д17	Д18	Д19	Д20	Д21	Д22	Д23	Д24	Д25	Д26	Д27	Д28	Д29	Д30	Д31	Д32	Д33	Д34	Д35		
I	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																									+	
II	+	+	+								+	+																									
III			+	+			+						+	+	+	+	+	+	+																		
IV			+																		+	+	+	+	+	+	+								+		
V																													+	+	+	+	+				
VI	+	+	+	+				+								+	+		+			+												+	+	+	

держки НИР, отработки целевых заданий и хранилищ знаний и данных, а в общем, целенаправленной деятельности ЗОИС.

3. Развитый предметный уровень управления ЗОИС, формирующий требуемые взаимосвязи между различными составляющими онтолого-управления и двуединый процесс обработки онто-знаний, которые, с одной стороны, служат инструментом переработки информации, а с другой – результатом базового (накопление и приращение знаний) и прикладного (поддержки НР) процессинга.

4. Сформулированные дальние и ближние цели и установки, учитывающие приоритеты и критерии, выработанные в режиме обратной связи в процессе взаимодействия НР с внешней средой.

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

6. Взаимосвязь *сознательной* и языковой картин мира, на предметном уровне реализуемая посредством лингвистической онтологии ПдО.

7. Простая настройка ЗОИС на заданную предметную область как для решения заданий научного работника, так и для саморазвития системы (создание базы знаний, их накопление, обновление и пр.).

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

**Заключение.** Одна из наиболее приоритетных целей – это совершенствование ЗОИС как информационной системы в соответствии с общей стратегией развития интеллектуальных информационных систем.

Дальнейшее развитие информационно-инструментальной поддержки следует проводить в направлении детализации, адаптации и оп-

тимизации интеллектуальных процедур поддержки деятельности научного работника.

1. Палагин А.В. Современные информационные технологии в научных исследованиях // Искусственный интеллект. – 2005. – № 2, Спец. выпуск. – 14 с.
2. Палагин А.В., Крывый С.Л., Петренко Н.Г. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 323 с.
3. Палагин А.В., Петренко Н.Г. Системно-онтологический анализ предметной области // УСиМ. – 2009. – № 4. – С. 3–14.
4. Хакинг Я. Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. – М.: Логос, 1998. – 296 с.
5. Рач В., Россошанська О., Медведєва О. Побудова термінологічної системи форм організації наукового знання // Науковий світ. – 2011. – Квітень. – С. 13–16.
6. Палагин А.В., Петренко Н.Г. К вопросу построения информационно-инструментальной поддержки научных исследований // Материалы XVI междунар. науч.-практ. конф. «Сучасні інформаційні та електронні технології». – Украина, Одесса. – 2015. – С. 73–74.
7. Палагин А.В. Архитектура онтолого-управляемых компьютерных систем // Кибернетика и системный анализ. – 2006. – № 2. – С. 111–124.
8. Глушков В.М. Кибернетика, вычислительная техника, информатика: В 3 т. – Т. 1: Математические основы кибернетики. – Киев: Наук. думка, 1990. – 264 с.
9. Палагин А.В., Петренко Н.Г., Крывый С.Л. К вопросу проектирования знание-ориентированной информационной системы (онтологический аспект). – Материалы XIV междунар. науч.-практ. конф. «Сучасні інформаційні та електронні технології». – Украина, Одесса. – 2013. – С. 87–90.
10. Егитко В.М., Акимов А.П., Горин Ф.Н. Процедуры и методы проектирования автоматизированных систем в научных исследованиях. – Киев: Наук. думка, 1982. – 175 с.
11. Палагин А.В., Петренко Н.Г., Горин Ф.Н. Онтолого-ориентированная методика проведения научного эксперимента // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2012. – № 11. – С. 3–12.
12. *The Philosophy of Scientific Experimentation* / Hans Radder (ed.). // Univ. of Pittsburgh Press. – Feb. 23 2003. – 328 p.

Поступила 10.02.2015

Тел. для справок: +38 044 526-3348 (Киев)

©А.В. Палагин, Н.Г. Петренко, С.Л. Крывый, 2015