

УДК 519.7

Т.М. НЕОФИТНАЯ

РАЗРАБОТКА КАТЕГОРНОЙ МОДЕЛИ БАЗЫ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

В статье описана математическая модель базы знаний интеллектуальной системы принятия решений, для разработки которой использовался аппарат теории категорий. Применение данной модели позволяет обеспечить многоаспектное представление системы знаний о сложной предметной области, одновременно и согласованно учитывать онтологические и проблемные знания, рассматривать структуру отношений между различными концептуальными моделями предметной области.

Включение в контур управления интеллектуальных систем принятия решений, которые основываются на эффективном взаимодействии методов принятия решений и искусственного интеллекта, обеспечивает сокращение времени на формирование и оценку альтернатив управления, увеличивает обоснованность принимаемых решений. Ядром интеллектуальной системы принятия решений (ИСПР) является база знаний о предметной области (ПрО), которая содержит специальным образом организованные сведения о состояниях объекта управления, внешней среды и возможных конфликтных ситуациях. Успешность разработки базы знаний (БЗ) определяет способность ИСПР к решению функциональных задач пользователя.

Разработка баз знаний ИСПР – это длительный, трудоемкий и слабоформализованный процесс, который требует тщательного изучения системы знаний о сложной ПрО. В ходе этого процесса осуществляется структурирование и упорядочивание знаний о ПрО, что обеспечивает адекватное концептуальное представление сложной ПрО в базе знаний ИСПР. Частые изменения объекта управления и внешней среды, задач пользователей, а также самих пользователей требуют высокого уровня адаптивности БЗ ИСПР. В этой связи очень важным является рациональный выбор метода разработки и структуры БЗ ИСПР. Поэтому актуальной является разработка новых моделей и методов разработки БЗ ИСПР. Целью данной работы является разработка математической модели БЗ ИСПР, описывающей на формальном уровне взаимосвязи ее элементов.

1. Постановка задачи разработки математической модели БЗ ИСПР.

Рассмотрим базовые принципы разработки БЗ современных ИСПР. Понятно, что полное описание системы знаний о сложной предметной области в БЗ ИСПР является практически неосуществимым. Прежде всего, база знаний должна содержать существенные, с точки зрения поставленных перед ИСПР целей, знания о ПрО. При этом для решения отдельной функциональной задачи ИСПР будет использоваться только некоторая часть этих знаний, составляющая прикладную модель ПрО.

Существует два основных подхода к созданию прикладных моделей ПрО [1]. Первый подход предполагает построение прикладной модели ПрО на основе анализа и интеграции информационных потребностей пользователей. Вторым подходом, прежде всего, предполагает изучение самой ПрО (онтологический анализ ПрО) и, затем, построение прикладной КМ ПрО с учетом информационных потребностей пользователей. Первый подход часто применяется для разработки баз данных. Но информационная система с такой базой данных, не сможет проявить достаточную гибкость при обработке информации для непредвиденных приложений [1]. Вторым подходом в значительной мере свободен от этих недостатков и поэтому более пригоден для разработки БЗ ИСПР.

Таким образом, разработку прикладной КМ ПрО будем проводить с учетом как онтологических, так и проблемных знаний о ПрО, что позволяет одновременно обеспечить адаптивность и эффективность БЗ. При этом в результате онтологического анализа разрабатывается первоначальная (базовая) КМ ПрО, которую далее будем называть онтологической моделью ПрО. Проблемные знания о ПрО используются для усовершенствования онтологической модели ПрО до прикладной КМ ПрО. Содержание каждой прикладной КМ ПрО определяется ПрО и классом функциональных задач, для решения которых предназначена данная модель. Естественно, что онтологическая модель ПрО не связана с конкретными функциональными задачами (проблемами) решаемыми ИСПР. Это позволяет использовать одну и ту же онтологическую модель ПрО для разработки различных прикладных КМ ПрО. Кроме того, однажды полученная онтологическая модель ПрО может быть применена в разных базах знаний, что позволяет значительно упростить процесс разработки БЗ для новой ИСПР.

Многие современные ИСПР предназначены для решения множества взаимосвязанных функциональных задач (проблем). Поэтому в БЗ ИСПР необходимо поддерживать множество прикладных КМ ПрО, используемых для решения различных задач. Поскольку функциональные задачи ИСПР являются взаимосвязанными между собой, то между различными прикладными КМ ПрО также будут выполняться определенные отношения.

Учитывая рассмотренные принципы разработки БЗ ИСПР, сформулируем требования к математической модели БЗ ИСПР. Разрабатываемая математическая модель БЗ ИСПР должна позволять:

- 1) обеспечить концептуальное представление системы знаний о сложной ПрО;
- 2) одновременно и согласованно учитывать онтологические и проблемные знания о ПрО;
- 3) описывать структуру отношений между КМ ПрО, которые предназначены для решения различных функциональных задач пользователя.

Теперь перейдем к построению математической модели БЗ ИСПР, удовлетворяющей сформулированным требованиям. Для этого, прежде всего, дадим общее математическое определение концептуальной модели ПрО.

2. Общее математическое определение концептуальной модели предметной области.

Для концептуального моделирования ПрО будем использовать множество концептов (концептуальных классов) и множество семантических отношений, определяемых между концептуальными классами [2, 3]. Здесь под концептуальным классом понимается концептуальная единица модели, рассматриваемая как целое [4]. Семантические свойства концептов проявляются через их семантические отношения с другими концептами. Каждый концепт имеет имя. Пусть $U = \{K_1, K_2, \dots, K_k\}$ – множество имен концептов, используемых для моделирования знаний ПрО. Назовем n -местным семантическим отношением r^n на множестве U совокупность упорядоченных наборов (кортежей), составленных из элементов множества U вида $\langle K_1, K_2, \dots, K_n \rangle$.

Семантические отношения также могут быть поименованы. Поэтому введем в рассмотрение множество имен семантических отношений Ω вместе с отображением $\text{Sig}: \Omega \rightarrow N_0$ во множество неотрицательных целых чисел N_0 . Пара (Ω, Sig) называется сигнатурой [2]. Для удобства само Ω также будем называть сигнатурой, считая каждое слово (имя) R из сигнатуры Ω снабженным индексом $\text{Sig}(R) = n \in N_0$, что будем обозначать $R^{(n)}$. Пусть $L(U)$ – множество всевозможных отношений разной местности на множестве U . Сопоставив число n каждому n -местному семантическому отношению, получим

отображение $\text{Sig}_U: L(U) \rightarrow N_0$. Концептуальной моделью в сигнатуре Ω будем называть пару $\langle U, \text{Sem} \rangle$, где Sem – такое инъективное отображение $\text{Sem}: \Omega \rightarrow L(U)$, что выполняется $\text{Sem} \cdot \text{Sig}_U = \text{Sig}$. Функция Sem каждому слову R^n из сигнатуры Ω сопоставляет местное семантическое отношение r^p из $L(U)$. Заметим, что двум разным названиям семантических отношений из сигнатуры Ω соответствуют разные отношения, поскольку отображение Sem инъективно. Кроме того, правила именования отношений должны обеспечивать присвоение различных имен разным отношениям.

Таким образом, получено общее математическое определение концептуальной модели ПрО. Но данное математическое определение является достаточно упрощенным. В частности, что оно не учитывает различие между онтологическими и проблемными знаниями о ПрО.

3. Разработка математической модели онтологии предметной области, онтологической модели и прикладной концептуальной модели предметной области.

В последнее время в области разработки информационных систем, в том числе ИСПР, большое значение приобретает проведение онтологических исследований ПрО. Можно даже говорить о том, что в рамках инфологического (концептуального) моделирования ПрО выделилось отдельное направление – онтологический анализ ПрО, результатом которого является создание онтологий ПрО.

Само понятие «онтология» берет начало из философии и обозначает учение об устройстве мира. Онтологический анализ подразумевает здесь изучение наиболее общих абстрактных категорий, например, таких, как причина, действие, явление, событие и т. д. [3]. Однако, в практике создания прикладных информационных систем такое определение не используется, поскольку для этих систем разрабатываются онтологии ПрО, а не онтологии в общем смысле. Онтологический анализ ПрО подразумевает анализ системы категорий, используемых в данной ПрО.

Известным определением онтологии ПрО является определение, данное Такедой, согласно которому: онтология есть консенсус о предметной области для определенных целей [3]. Существует много других вариантов определений понятия «онтология ПрО». При этом большинство определений скорее дополняют, чем опровергают друг друга, указывая необходимые свойства онтологий ПрО и основные отличия онтологий ПрО от содержимого баз знаний интеллектуальных систем.

Сформулируем свойства онтологий ПрО, обозначенные в различных работах по моделированию предметных областей [1, 3, 5, 6].

1. *Концептуальность*. Онтология представляет собой концептуальный (семантический) объект, описанный формальным или неформальным способом. Концептуализация подразумевает абстрактную точку зрения на ПрО и содержит понятия и отношения, специфичные для данной ПрО. При этом, многие авторы подчеркивают, что онтология описывает только некоторую часть концептуализации.

2. *Универсальность*. Онтология содержит только наиболее важные, существенные знания о ПрО, которые являются достаточно теоретизированными и общезначимыми, не могут быть опровергнуты каким-либо образом.

3. *Согласованность*. Онтология содержит согласованные знания, разделяемые некоторым сообществом экспертов ПрО, в отличие от базы знаний, которая может быть построена на основании знаний одного эксперта; это способствует точной и эффективной передаче смысла понятий ПрО.

Таким образом, будем полагать, что онтология ПрО определяет семантику (концептуализацию) ПрО, однако не полностью, оставляя свободу для расширения онтологии до прикладной КМ ПрО, необходимой для решения конкретных практических задач, и предполагает возможность повторного и распределенного использования в различных информационных системах. Основное назначение онтологии ПрО в задачах разработки БЗ ИСПР состоит в облегчении построения семантически корректной прикладной КМ ПрО.

Поэтому наиболее удобной для моделирования онтологии является математическая конструкция каркаса, описанная в работе [7]. Для математического моделирования онтологии ПрО будем использовать каркас вида:

$$\Theta = \langle \langle U, \text{Sem}_\Theta \rangle, \Omega_M, \mathcal{A} \rangle,$$

где $\langle U, \text{Sem}_\Theta \rangle$ – КМ в сигнатуре Ω_Θ , Ω_M – сигнатура, которая не имеет общих имен отношений с сигнатурой Ω_Θ , $\mathcal{A} = \{A_1, A_2, \dots, A_l\}$ – множество аксиом, ограничивающих интерпретацию и правильное использование концептов и семантических отношений как из сигнатуры Ω_Θ , так и из Ω_M . При этом имена отношений из сигнатуры Ω_M обозначают возможные семантические отношения на множестве U , удовлетворяющие аксиомам из множества \mathcal{A} . Отметим, что каркас Θ будет являться моделью некоторой онтологии ПрО только в том случае, если соблюдены содержательные требования к онтологиям ПрО, рассмотренные выше (требования концептуальности, универсальности, согласованности онтологических знаний о ПрО).

Теперь дадим математическое определение онтологической модели и прикладной КМ ПрО. Концептуальную модель $\langle U, \text{Sem}_\Theta \rangle$, лежащую в основе некоторой онтологии $\Theta = \langle \langle U, \text{Sem}_\Theta \rangle, \Omega_M, \mathcal{A} \rangle$, будем называть онтологической моделью ПрО. Под прикладной КМ ПрО будем понимать состояние каркаса $\Theta = \langle \langle U, \text{Sem}_\Theta \rangle, \Omega_M, \mathcal{A} \rangle$, некоторую концептуальную модель $\langle U, \text{Sem}_M \rangle$ в сигнатуре $\Omega = \Omega_\Theta \vee \Omega_M$. При этом функции Sem_Θ и Sem_M совпадают на сигнатуре Ω_Θ и выполняется аксиоматика \mathcal{A} . Следовательно, прикладную КМ ПрО получаем, выбирая вместо каждого названия отношения R_j из сигнатуры Ω_M одно из возможных отношений на множестве концептов U .

Таким образом, разработаны математические определения модели онтологии ПрО, онтологической и прикладной КМ ПрО и обеспечена необходимая формализация соотношения между моделью онтологии, онтологической моделью и прикладной КМ ПрО. Модель онтологии ПрО содержит концепты и семантические отношения между ними, характерные для ПрО, и формальные аксиомы, заданные на множестве концептов и отношений. Расширение онтологической модели ПрО до прикладной КМ ПрО проводится под управлением аксиоматики, определенной в онтологии ПрО.

4. Определение морфизмов между концептуальными моделями предметной области.

Каждая прикладная КМ ПрО предполагает свое прямое использование для решения определенной задачи. Необходимость решения множества функциональных задач требует разработки и поддержки в БЗ ИСПР множества прикладных КМ ПрО. Ясно, что разные КМ ПрО в определенном смысле будут «сходны» между собой, поскольку относятся к одной и той же ПрО. Поэтому рассмотрим возможные преобразования КМ ПрО, сохраняющие структуру этих моделей и, следовательно, позволяющие находить в них «сходные» части. В теории моделей такие преобразования принято называть морфизмами [8]. Известны следующие типы морфизмов: изоморфизм, гомоморфизм, корреспонденция и эпиморфизм [7, 8]. В соответствии с этим определим морфизмы между КМ ПрО.

Рассмотрим отношение «изоморфизма» между концептуальными моделями. Пусть заданы две КМ ПрО $M^i = \langle U_i, Sem_i \rangle$ и $M^j = \langle U_j, Sem_j \rangle$ в одной и той же сигнатуре Ω . Эти концептуальные модели будут изоморфными, если существует такая биекция (взаимно-однозначное отображение) φ из множества U_i на множество U_j , что для каждого отношения $R^{(n)}$ из сигнатуры Ω выполняется условие:

$$R^{(n)}(K_1, K_2, \dots, K_n) \Leftrightarrow R^{(n)}(\varphi(K_1), \varphi(K_2), \dots, \varphi(K_n))$$

для любых $K_1, K_2, \dots, K_n \in U_i$. Заметим, что одну и ту же структуру будут иметь только изоморфные модели. Каждая конкретная концептуальная модель есть одна из возможных реализаций соответствующей структуры.

Теперь рассмотрим отношение «гомоморфизма» между концептуальными моделями. Пусть заданы две КМ ПрО $M^i = \langle U_i, Sem_i \rangle$ и $M^j = \langle U_j, Sem_j \rangle$ в одной и той же сигнатуре Ω . Гомоморфизмом из КМ ПрО M^i в КМ ПрО M^j будет такое отображение f из множества U_i на множество U_j , что для каждого отношения $R^{(n)}$ из сигнатуры Ω выполняется условие:

$$R^{(n)}(X_1, X_2, \dots, X_n) \Rightarrow R^{(n)}(f(X_1), f(X_2), \dots, f(X_n))$$

для любых $X_1, X_2, \dots, X_n \in U_i$. Приведенное выше условие означает, что любая связь между элементами исходной КМ ПрО отображается в соответствующую связь в гомоморфной модели. При этом в гомоморфной КМ могут существовать элементы и связи, отсутствующие в исходной модели.

Разновидностью гомоморфизма является сильный гомоморфизм. Сильный гомоморфизм обладает свойством не увеличивать число связей, которые имеются в исходной модели [8]. Формально, гомоморфизм f является сильным, если дополнительно выполняется условие:

$$R^{(n)}(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) \Rightarrow \exists X_1 (f(X_1)=Y_1) \& \exists X_2 (f(X_2)=Y_2) \& \dots \& \exists X_n (f(X_n)=Y_n) \quad R^{(n)}(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

для любых $X_1, X_2, \dots, X_n \in U_i$ и $Y_1, Y_2, \dots, Y_n \in U_j$. Таким образом, в случае сильного гомоморфизма, любая связь в гомоморфной модели влечет за собой хотя бы одну связь в исходной модели.

Другим распространенным способом сопоставления моделей является корреспонденция. Рассмотрим отношение «корреспонденции» между концептуальными моделями $M^i = \langle U_i, Sem_i \rangle$ и $M^j = \langle U_j, Sem_j \rangle$ в одной и той же сигнатуре Ω . Корреспонденцией из КМ ПрО M^i в КМ ПрО M^j будет такое отображение u из множества U_i на множество U_j , что для каждого отношения $R^{(n)}$ из сигнатуры Ω выполняется условие:

$$R^{(n)}(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) \Rightarrow \forall X_1 (u(X_1)=Y_1) \& \forall X_2 (u(X_2)=Y_2) \& \dots \& \forall X_n (u(X_n)=Y_n) \quad R^{(n)}(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

для любых $X_1, X_2, \dots, X_n \in U_i$ и $Y_1, Y_2, \dots, Y_n \in U_j$. Это условие означает, что любая связь между элементами КМ ПрО M^i влечет за собой соответствующую связь в КМ ПрО M^j . При отображении типа корреспонденции в исходной КМ ПрО могут быть утеряны некоторые связи.

Эпиморфизмом является такое отношение между концептуальными моделями, которое одновременно является гомоморфизмом и корреспонденцией. Эпиморфизмом из КМ ПрО $M^i = \langle U_i, Sem_i \rangle$ в КМ ПрО $M^j = \langle U_j, Sem_j \rangle$ в одной и той же сигнатуре Ω будет такое сюръективное отображение g из множества U_i на множество U_j , что для каждого отношения $R^{(n)}$ из сигнатуры Ω выполняются два условия:

$$R^{(n)}(X_1, X_2, \dots, X_n) \Rightarrow R^{(n)}(f(X_1), f(X_2), \dots, f(X_n)),$$

$$R^{(n)}(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) \Rightarrow \forall X_1 (u(X_1)=Y_1) \& \forall X_2 (u(X_2)=Y_2) \& \dots \& \forall X_n (u(X_n)=Y_n) R^{(n)}(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

для любых $X_1, X_2, \dots, X_n \in U_i$ и $Y_1, Y_2, \dots, Y_n \in U_j$. При отображении типа «эпиморфизм» эпиморфная КМ ПрО будет в определенном смысле проще исходной модели.

Таким образом, рассмотрены различные типы морфизмов между КМ ПрО: гомоморфизм, сильный гомоморфизм, изоморфизм, корреспонденция и эпиморфизм. Это позволяет математически определить взаимосвязанную совокупность КМ ПрО, используемых в БЗ ИСПР для решения различных функциональных задач пользователя.

5. Разработка категорной модели базы знаний о сложной предметной области.

Чтобы математически описать структуру морфизмов между различными КМ ПрО, определим категорию КМ ПрО. Сначала напомним математическое определение категории, принятое в теории категорий [9]. Каждая категория \square состоит из класса $Ob \square$, элементы которого называются объектами категории \square , и класса $Mor \square$, элементы которого называются морфизмами категории \square ; объекты и морфизмы категории связаны между собой следующими условиями:

Cat 1. Каждой упорядоченной паре объектов A, B категории \square сопоставлено некоторое множество $H_{\square}(A, B)$ морфизмов категории \square ;

Cat 2. Каждый морфизм категории \square принадлежит одному и только одному из множеств $H_{\square}(A, B)$.

Cat 3. В классе $Mor \square$ введена частичная бинарная операция умножения: произведение $\zeta\eta$ морфизмов $\zeta \in H_{\square}(A, B)$ и $\eta \in H_{\square}(C, D)$ определено тогда и только тогда, когда объект B совпадает с объектом C , и в этом случае $\zeta\eta \in H_{\square}(A, D)$; частичное умножение ассоциативно $(\zeta\eta)\psi = \zeta(\eta\psi)$ для любых трех морфизмов $\zeta \in H_{\square}(A, B)$, $\eta \in H_{\square}(B, C)$, $\psi \in H_{\square}(C, D)$.

Cat 4. В каждом множестве $H_{\square}(A, A)$, $A \in Ob \square$, содержится такой морфизм 1_A , называемый тождественным или единичным морфизмом объекта A , что $\zeta 1_A = \zeta$ и $1_A \eta = \eta$ для любых морфизмов $\zeta \in H_{\square}(X, A)$, $\eta \in H_{\square}(A, Y)$.

В качестве категории КМ ПрО \mathcal{C} рассмотрим класс КМ ПрО $Ob \mathcal{C}$, которые наделены структурой семантических отношений, и класс гомоморфизмов $Mor \mathcal{C}$, таких отображений, которые в определенном смысле сохраняют структуру КМ ПрО. При этом будем учитывать различные типы гомоморфизмов: обычный гомоморфизм, изоморфизм, сильный гомоморфизм и гомоморфизм, одновременно являющийся корреспонденцией. Классы $Ob \mathcal{C}$ (концептуальных моделей) и $Mor \mathcal{C}$ (морфизмов) действительно образуют категорию, поскольку выполняются следующие условия: 1) для каждого элемента M класса $Ob \mathcal{C}$ тождественное отображение концептуальной модели M на себя сохраняет структуру данной модели; 2) суперпозиция любых двух отображений (гомоморфизмов) между КМ ПрО $\zeta: A \rightarrow B$ и $\eta: B \rightarrow C$, сохраняющих структуру КМ ПрО, также сохраняет эту структуру, поскольку произведение гомоморфизмов является гомоморфизмом [9].

Теперь получим математическую модель базы знаний о сложной ПрО. Поскольку разработка БЗ ИСПР требует исследования системы знаний о сложной ПрО, то при построении математической модели базы знаний ИСПР будем учитывать такие существенные свойства систем знаний, как целостность, многоаспектность, иерархичность. Принцип многоаспектности означает существование различных способов декомпозиции ПрО на концептуальные классы объектов и семантических отношений между ними. При этом ка-

ждый отдельный способ декомпозиции (концептуальное представление) ПрО обусловливается выбранной точкой зрения на ПрО. Иными словами, возможным является целый класс представлений системы знаний о сложной ПрО.

Понимание системы знаний, как «целостности, определяемой некоторой организующей общностью этого целого» [7], требует целостного рассмотрения ее различных представлений, значит необходимо учитывать взаимосвязи между различными представлениями. Каждое отдельное представление системы знаний о сложной ПрО естественно соотносится с некоторой онтологией ПрО, для математического моделирования которой была предложена конструкция каркаса. Каждая онтология предполагает свое расширение до прикладной КМ ПрО, необходимой для решения функциональных задач пользователя. Таким образом, система знаний о ПрО предполагает существование класса онтологий ПрО, между концептуальными моделями которых заданы морфизмы.

Но в БЗ ИСПР может быть одновременно учтено только конечное множество представлений системы знаний о ПрО. Поэтому в качестве модели базы знаний о сложной ПрО ИСПР будем рассматривать множество онтологий ПрО, между прикладными концептуальными моделями которых заданы морфизмы. Следовательно, математической моделью базы знаний о ПрО будет являться малая категория КМ ПрО. Напомним, что категория называется малой, если ее объекты образуют множество [9]. Заметим, что это определение равносильно утверждению, что морфизмы категории образуют множество.

Таким образом, получена категорная модель базы знаний ИСПР, которая позволяет обеспечить многоаспектное концептуальное представление системы знаний о сложной ПрО; одновременно и согласованно учитывать онтологические и проблемные знания о ПрО; описывать структуру отношений между КМ ПрО, которые предназначены для решения различных функциональных задач пользователя.

Выводы.

В статье предложено новое решение актуальной научной проблемы математического моделирования баз знаний ИСПР, что позволяет улучшить качество инструментальных средств поддержки баз знаний, повысить эффективность работы ИСПР. Получены следующие основные результаты.

1. Разработаны математические определения модели онтологии ПрО, онтологической модели и прикладной КМ ПрО и обеспечена формализация соотношения между онтологией, онтологической и прикладной КМ ПрО. Модель онтологии ПрО содержит концепты и семантические отношения между ними, характерные для ПрО, и формальные аксиомы, заданные на множестве концептов и отношений. Онтологическая модель ПрО определяет только часть семантики ПрО и предполагает возможность повторного использования в различных информационных системах. Расширение онтологической модели ПрО до прикладной КМ ПрО проводится под управлением аксиоматики, определенной в модели онтологии ПрО.

2. Определены возможные типы преобразований (морфизмов) между КМ ПрО, сохраняющие структуру этих моделей и позволяющие находить в них «сходные» части: изоморфизм, гомоморфизм, сильный гомоморфизм, корреспонденция, эпиморфизм. Разработана категория КМ ПрО, объектами которой являются КМ ПрО, а морфизмами – гомоморфизмы между КМ ПрО.

3. Разработана категорная модель БЗ ИСПР, которая предусматривает множество онтологий ПрО, между прикладными концептуальными моделями которых заданы морфизмы. Применение данной модели позволяет обеспечить многоаспектное концептуальное представление системы знаний о сложной ПрО, одновременно и согласованно учитывать онтологические и проблемные знания о ПрО, описывать структуру отношений между КМ ПрО, используемыми для решения функциональных задач ИСПР.

Список литературы: 1. *Полицук Ю.М., Хон В.Б.* Теория автоматизированных банков информации. М.: Высш. шк., 1989. 184 с. 2. *Цаленко М.Ш.* Моделирование семантики в базах данных. М.: Наука, 1989. 288 с. 3. *Гаверилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 384 с. 4. *Левыкин В.М., Неофитная Т.М.* Синтаксис и семантика наследования в концептуальных моделях предметных областей // Сб. науч. трудов. Новые решения в современных технологиях. Харьков: НТУ «ХПИ». 2002. № 7. С. 6-11. 5. *Gruber T.R.* A translation approach to portable ontologies // Knowledge Acquisition. 1993. № 5(2). P. 199-220. 6. *Guarino N.* Formal ontology and Information Systems // Proceedings of International Conference on Formal Ontology in Information Systems // Ed. N. Guarino, Trento, Italy. June 6-8, 1998. Amsterdam: IOS Press. P. 3-15. 7. *Шрейдер Ю.А., Шаров А.А.* Системы и модели. М.: Радио и связь, 1982. 152 с. 8. *Математический энциклопедический словарь* / Гл. ред. Прохоров Ю.В. М.: Сов. энциклопедия, 1988. 847 с. 9. *Цаленко М.Ш., Шульгейфер Е.Г.* Основы теории категорий. М.: Наука, 1974. 256 с.

Поступила в редколлегию 14.09.03