



УДК 004.822:514

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

Давыденко И.Т.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

**ir.davydenko@gmail.com**

В работе рассматривается методика проектирования семантических моделей одного из важнейших классов интеллектуальных систем – интеллектуальных справочных систем. Отдельное внимание уделяется методике проектирования баз знаний интеллектуальных справочных систем.

**Ключевые слова:** интеллектуальная система, интеллектуальная справочная система, методика проектирования, база знаний.

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема разработки практически полезных, реально и широко используемых интеллектуальных систем является одной из важнейших в области искусственного интеллекта [Грибова, 2010].

Широко используемым классом интеллектуальных систем являются интеллектуальные обучающие системы [Башмаков, 2003], [Башмаков, 2004], [Голенков и др., 2001]. На рисунке 1 приведена структура интеллектуальной обучающей системы, включающая в себя ряд типовых подсистем, обеспечивающих ее эффективную эксплуатацию и сопровождение.

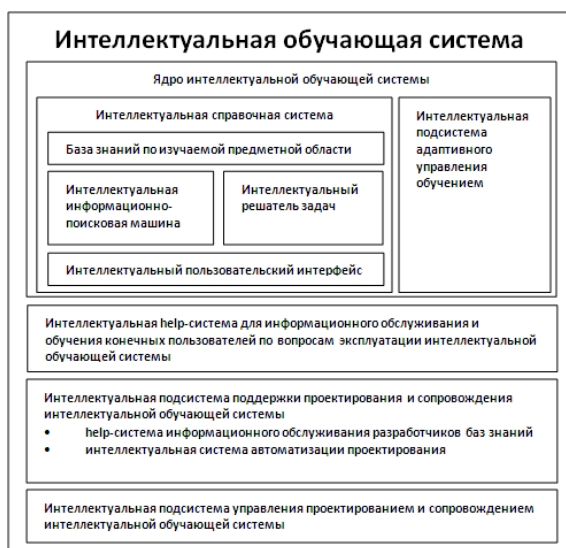


Рисунок 1 – Структура интеллектуальной обучающей системы

Важнейшим видом интеллектуальных систем, входящих в состав интеллектуальной обучающей системы являются интеллектуальные справочные системы, которые обеспечивают информационное обслуживание пользователей, как по изучаемой предметной области, так и по вопросам эксплуатации данной интеллектуальной обучающей системы, а также вопросам ее дальнейшего развития и сопровождения. Подчеркнем, что интеллектуальные справочные системы могут быть самодостаточными и представлять самостоятельный интерес.

Под интеллектуальной справочной системой (ИСС) будем понимать систему, способную отвечать на различные свободно конструируемые вопросы пользователя, а также решать задачи из соответствующей предметной области, то есть осуществлять информационное обслуживание пользователя в заданной предметной области. Такая система включает в себя интеллектуальную информационно-поисковую систему и интеллектуальный решатель задач.

К функциям интеллектуальной справочной системы относятся:

- предоставление пользователю возможности навигации по семантическому пространству предметной области;
- интерпретация любых вопросов пользователя, поиск необходимой информации и представление ее пользователю в удобной для него форме;
- интерпретация формулировок задач пользователя, поиск способов их решения и генерация решений, если они не были найдены в базе знаний;

- анализ деятельности пользователя для оказания ему помощи, а также обучения, что является следующим этапом развития интеллектуальных справочных систем.

Особенностью и интеллектуальностью таких систем является обеспечение возможности пользователю задавать широкий спектр вопросов системе в рамках некоторой предметной области. Интеллектуальная справочная система осуществляет поиск и навигацию по базе знаний, а также генерацию ответа, если он не найден в базе знаний.

Несмотря на большое число работ, ведущихся в данном направлении [ЭЗОП, 2007], [Грибова, 2011], [Geogebra, 2011], [Владимиров и др., 2008] до настоящего времени не существует технологии проектирования интеллектуальных справочных систем, предоставляющих возможность быстро и качественно разрабатывать системы такого класса.

В качестве подхода к построению такого класса систем в работе предлагается комплексная методика проектирования интеллектуальных справочных систем. В основе данной методики лежат следующие принципы:

- поэтапное эволюционное проектирование интеллектуальных справочных систем на основе быстрого прототипирования;
- ориентация на коллективное проектирование компонентов интеллектуальной справочной системы в рамках Open Source проекта;
- ориентация на семантическое представление знаний;
- унификация моделей баз знаний интеллектуальных справочных систем;
- модульное проектирование на основе библиотек типовых многократно используемых компонентов;

и другие принципы массовой семантической технологии проектирования интеллектуальных систем OSTIS [OSTIS, 2011].

## 1. Принципы организации проектирования семантической модели интеллектуальной справочной системы

Интеллектуальная справочная система состоит из следующих компонентов:

- декларативная часть базы знаний;
- процедурная часть базы знаний, которая представляет собой пакет программ для решения задач из заданной предметной области;
- интеллектуальная информационно-поисковая машина;
- интеллектуальный решатель задач;
- пользовательский интерфейс.

Соответственно, для разработки каждого из этих компонентов используются ряд частных семантических технологий:

- семантическая технология проектирования декларативной части базы знаний;
- семантическая технология проектирования процедурной части базы знаний;
- семантическая технология проектирования интеллектуальных информационно-поисковых машин;
- семантическая технология проектирования интеллектуальных решателей задач;
- семантическая технология проектирования пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем.

Разработка интеллектуальной системы сводится к разработке ее логико-семантической модели, то есть формальному описанию структуры интеллектуальной системы и всех ее компонентов. Достоинством такого подхода к проектированию систем является независимость от платформ реализации этих систем, т.е., разработав только лишь семантическую модель интеллектуальной справочной системы, появляется возможность реализовывать эту модель на различных платформах, существенно не изменяя при этом саму модель системы.

Семантическая модель интеллектуальной справочной системы включает в себя семантическую модель базы знаний интеллектуальной системы и семантическую машину обработки знаний этой интеллектуальной системы. Исходя из того, что формальные описания операций, работающих над семантической памятью, также хранятся в базе знаний и являются ее частью, то, по сути, проектирование семантической модели интеллектуальной системы сводится к проектированию семантической модели базы знаний этой системы.

В основе комплексной методики проектирования семантических моделей интеллектуальных систем лежат два аспекта: эволюционное проектирование и коллективное проектирование интеллектуальных справочных систем.

### 1.1. Эволюционное проектирование интеллектуальной справочной системы

Данный аспект методики проектирования заключается в поэтапной разработке системы на основе быстрого прототипирования. На каждом новом этапе проектирования интеллектуальная система приобретает новые функциональные возможности, которые соответствуют разработке определенных компонентов системы (см. табл. 1).

При таком подходе, изначально необходимо выделить линии развития системы. Они соответствуют разрабатываемым компонентам системы (см. табл. 1), причем учитывается приоритет разработки следующим образом. Изначально проектируется семантическая модель базы знаний, затем происходит непосредственное наполнение базы знаний до заранее оговоренной степени полноты. На следующем эволюционном

этапе развития системы происходит разработка интеллектуальной поисковой машины, которая изначально формируется из уже разработанных стандартных многократно используемых компонентов интеллектуальной поисковой машины, хранимых в библиотеке многократно используемых компонентов. Взяв необходимый набор поисковых операций интеллектуальной машины, мы получим уже готовый работающий прототип системы с базой знаний и минимальным набором поисковых операций (рис.1).

	Версия 1	Версия 2	Версия 3	Версия 4
<b>БЗ</b>	1-я версия	2-я версия	3-я версия	4-я версия
<b>ИПМ</b>	типовое ядро	1-я версия	2-я версия	3-я версия
<b>ИР</b>	типовое ядро	типовое ядро	1-я версия	2-я версия
<b>ПИ</b>	типовое ядро	типовое ядро	типовое ядро	1-я версия

Рисунок 1 – Эволюция версий ИСС

Далее полученный прототип развивается путем наполнения базы знаний и разработкой новых необходимых поисковых операций интеллектуальной поисковой машины до тех пор, пока не достигнет заранее оговоренной степени полноты в наборе операций интеллектуальной поисковой машины.

Таблица 1. Соответствие между компонентами системы и ее функциональными возможностями

<b>Компоненты системы</b>	<b>Функциональные возможности системы</b>
1. База знаний	Хранение знаний о предметной области
2. Пакет программ для решения задач	Решение задач с помощью некоторого хранимого в базе знаний алгоритма
3. Интеллектуальная поисковая машина	Обеспечение интеллектуального поиска и навигации по базе знаний
4. Интеллектуальный решатель задач	Решение задач с применением логического вывода
5. Пользовательский интерфейс	Адаптация к пользователю
6. Help-система с различными уровнями интеллектуализации	Обеспечение помощи пользователю, управление обучением пользователя
7. Подсистема управления процессом проектирования и жизненным циклом системы	Управление процессом проектирования системы (в том числе коллективным), а также управление жизненным циклом системы

Аналогичным образом происходит разработка остальных компонентов системы, то есть на каждом этапе разработки системы в процесс проектирования включается ветвь разработки нового компонента системы, при условии, что остальные компоненты системы достигли минимального заранее оговоренного уровня

полноты разработки. При этом разработка остальных компонентов системы не прекращается, а сам процесс проектирования повторяется циклически на протяжении всего жизненного цикла системы, в том числе при сопровождении системы.

После того, как все этапы, соответствующие линиям развития, пройдены и системой накоплен определенный набор необходимых знаний и навыков, система вводится в эксплуатацию для конечных пользователей, которые в процессе эксплуатации тестируют эту систему на предмет ошибок и недостающих знаний и навыков. Тем самым завершается процесс проектирования интеллектуальной системы как прототипа и начинается процесс проектирования интеллектуальной системы в процессе ее эксплуатации. Этот процесс поддерживается подсистемой управления процессом проектирования и управления жизненным циклом системы. Данная подсистема является частью основной системы и разрабатывается на основе тех же методов и средств, что и основная.

Отличительной особенностью такого похода к проектированию является наличие *на каждом этапе проектирования реально работающего прототипа системы*, что значительно ускоряет введение разрабатываемой системы в эксплуатацию, как для тестирования, так и для конечных пользователей, а также существенное увеличение ее жизненного цикла.

## 1.2. Коллективное проектирование интеллектуальной справочной системы

Данный аспект заключается в распараллеливании процесса проектирования на независимые ветви, которые могут выполняться различными разработчиками, что существенно сокращает время разработки системы. Однако, возникает вопрос, каким образом можно выделить в рамках проектирования отдельные задачи.

Первый критерий декомпозиции процесса проектирования на отдельные задачи является разделение работ по различным компонентам системы, такие как база знаний, интеллектуальная поисковая машина, решатель задач и пользовательский интерфейс. Все эти компоненты являются важными в рамках справочной системы, однако наиболее значимой является база знаний, так как база знаний для каждой разрабатываемой справочной системы является уникальной, в то время как другие компоненты могут использоваться как предметно независимые в других системах. К тому же, как уже говорилось ранее, проектирование интеллектуальной системы есть не что иное, как проектирование базы знаний, то выделение задач будем рассматривать в рамках проектирования семантической модели базы знаний, что рассмотрим далее более подробно.

## 2. Методика коллективного проектирования баз знаний интеллектуальных справочных систем

База знаний является одним из ключевых компонентов интеллектуальной справочной системы [Гаврилова и др., 2001], [Гаврилова, 2008], [Хорошевский, 2008]. Разработка этого компонента является трудоемким и продолжительным процессом, а поэтому важным аспектом проектирования базы знаний является организация коллективного проектирования.

Для эффективной организации проектирования баз знаний интеллектуальных справочных систем необходимо включать в состав основной системы в качестве подсистем следующие компоненты:

- интеллектуальную подсистему поддержки проектирования и сопровождения системы:
  - help-систему информационного обслуживания разработчиков баз знаний;
  - интеллектуальную систему автоматизации проектирования;
- интеллектуальную подсистему управления проектированием и сопровождением системы.

Рассмотрим предложенную методику на примере проектирования интеллектуальной справочной системы по геометрии [Давыденко, 2011].

На сегодняшний день существует большое число прикладных систем по геометрии, которые имеют преимущества разного характера (большое число информации различного характера в рамках предметной области, поиск и навигация, решение задач, пользовательский интерфейс и др.), однако не существует такой прикладной системы, которая сочетала бы в себе все эти качественные особенности.

Данная система предназначена как для школьников, преподавателей геометрии, так и для людей, интересующихся геометрией и является попыткой учесть все достоинства и недостатки существующих справочных систем по геометрии в одной системе.

К достоинствам интеллектуальной справочной системы по геометрии можно отнести богатое разнообразие представленных знаний в ее базе (теоретико-множественные связи между понятиями, терминологическое описание понятий, логическая иерархия понятий, аксиоматизация предметной области, описание утверждений различного рода, а также доказательств, описание задач и способов их решений, когнитивные иллюстрации и др.), способность системы отвечать на большое число вопросов пользователя (при этом учитывается полнота ответа на вопрос), при отсутствии ответа в базе знаний система пытается ответить на него с помощью решателя задач.

Система по геометрии имеет две версии реализации. Первая версия системы реализуется в виде семантически структурированного гипертекста в среде MediaWiki на SCn-коде [OSTIS, 2011] с

гипертекстовой навигацией. SCn-код представляет собой способ гипертекстового представления исходных текстов базы знаний. Вторая версия системы представлена в виде семантической сети с интеллектуальным поиском, решателем задач и пользовательским интерфейсом.

Понятие базы знаний тесно связано с понятием предметной области. Семантика базы знаний интеллектуальной системы – это соотношение между базой знаний и описываемой ею предметной областью [Голенков, 2011].

Семантическая структура базы знаний интеллектуальной системы трактуется в рамках семантической технологии проектирования баз знаний интеллектуальных систем как иерархическая система взаимосвязанных между собой предметных областей, которые представляются в базе знаний.

Для выделения иерархической структуры базы знаний необходимо в рамках предметной области явно выделить *класс исследуемых объектов*, *класс вторичных объектов*, построенных на основе исследуемых, *класс вспомогательных объектов*, через связи с которыми описываются некоторые характеристики исследуемых объектов, *отношения*, *связки* *которых связывают только исследуемые объекты между собой*, а также *отношения*, *связки* *которых связывают исследуемые объекты со вспомогательными*.

При проектировании интеллектуальной справочной системы по геометрии рассматривалась предметная область геометрии Евклида, которая является стационарной предметной областью.

В предметной области геометрии Евклида исследуемыми объектами являются геометрические фигуры и пространственные отношения между ними. Исходя из этого, семантическая сеть, которая представляет собой информационную модель описываемой предметной области, включает следующие ключевые узлы, являющиеся классами объектов исследования геометрии: геометрическая фигура, точка, отрезок, луч, линия, плоскость, многоугольник, треугольник, четырехугольник и др. К ключевым узлам, являющимися отношениями и составляющими предмет исследования, относятся: параллельность, перпендикулярность, пересечение, конгруэнтность, сторона, внутренний угол, лежать между, лежать против, вписанность и др.

В рамках предметной области геометрии Евклида используются такие понятия, как число, сложение, вычитание, деление, которые являются объектами и предметом исследования предметной области числовых моделей и являются внешними понятиями, по отношению к Геометрии Евклида. Также в Геометрии Евклида используются понятия, являющиеся объектами и предметом исследования теории измерений, теории множеств, теории отношений, русского языка и других предметных областей.

При структуризации предметной области по

различным критериям в рамках основной предметной области выделяются различные классы предметных областей, описывающие основную предметную область с точки зрения одного признака. Фрагменты, описывающие каждую из предметных областей, будем называть *разделами базы знаний*. Разработка каждого такого раздела базы знаний соответствует этапу проектирования семантической модели базы знаний.

Основываясь на аспекте коллективного проектирования комплексной методики проектирования интеллектуальных справочных систем, проектирование семантической модели базы знаний заключается в детальной структуризации базы знаний, т.е. рассматривать структуру базы знаний, как иерархическую систему взаимосвязанных друг с другом предметных областей, представляемых в базе знаний. При таком рассмотрении процесса проектирования модели базы знаний можно выделить отдельные направления работ.

Таким образом, структуризация базы знаний с учетом ее связи с предметной областью может быть использована для доведения процесса декомпозиции процесса проектирования на задания для различных разработчиков, при условии, что они будут согласовывать ключевые узлы описываемой предметной области (т.к. данный процесс автоматизировать не представляется возможным).

По такому принципу разрабатываются все компоненты системы, а основой для интеграции всех компонентов служит унифицированная модель представления знаний на основе SC-кода.

Рассмотрение процесса проектирования с учетом аспекта коллективного проектирования в рамках семантической технологии проектирования интеллектуальных систем дает новые возможности для организации и управления процессом проектирования интеллектуальных систем.

Организация процесса проектирования интеллектуальных систем осуществляется специализированной подсистемой управления коллективным проектированием интеллектуальной системы (данная подсистема является частью основной системы и разрабатывается на основе тех же методов и средств, что и основная система), в задачи которой входят:

- синхронизация ветвей параллельной разработки
- создание заданий для разработчика
- назначение статуса задания на текущий момент времени
- классификация заданий по приоритету
- управление сроками выполнения заданий
- интеграция со средствами разработки
- управление жизненным циклом системы.

В рамках семантической технологии проектирования баз знаний выделены следующие *этапы проектирования семантической модели базы знаний*:

- уточнение структуры описываемой предметной области – на данном этапе проводится уточнение объекта и предмета исследования описываемой предметной области, а также уточнение набора вспомогательных объектов, связь с которыми имеет существенное значение для рассмотрения исследуемых объектов;
- построение *предметной области, являющейся теоретико-множественной онтологией* рассматриваемой предметной области – на данном этапе все понятия описываемой предметной области рассматриваются с точки зрения теоретико-множественных отношений между ними (рис.2);
- построение *предметной области, являющейся логической онтологией* рассматриваемой предметной области – систематизация всех понятий по логическим уровням, выделяемых в рамках рассматриваемой предметной области, с точки зрения анализа их определений (что на основе чего определяется);
- построение *предметной области, являющейся терминологической онтологией* описываемой предметной области – описание идентификации терминов предметной области и их этимологии;
- построение *предметной области логического описания* рассматриваемой предметной области – описание множества логических формул (высказываний), интерпретируемых на рассматриваемой предметной области, а также их систематизация на основе их доказательств (рис. 3, 4);
- построение *предметной области вопросов и информационных задач* для заданной предметной области;
- построение *предметной области когнитивных мультимедийных иллюстраций и библиографических источников* для заданной предметной области [Зенкин, 1991].

Таким образом, проектирование базы знаний можно рассматривать как процесс построения некоторой исходной предметной области и процесс наращивания указанной предметной области целым рядом надобластей, у каждой из которых есть свой класс исследуемых объектов.

Так при проектировании базы знаний интеллектуальной справочной системы по геометрии предметная область геометрии Евклида рассматривалась как совокупность некоторых более частных предметных областей, каждая из которых представляет собой набор ключевых понятий и отношений между ними.

На множестве предметных областей могут быть заданы следующие отношения: включение, объединение, пересечение, декомпозиция, гомоморфизм, изоморфизм, теоретико-множественная онтология, логическое описание, логическая онтология. Таким образом, мы можем рассматривать некую *метаобласть*, объектами исследования которой являются всевозможные

### **геометрическая фигура**

⊃ геометрическое тело

#### **§ Разбиение по признаку размерности:**

- дискретная геометрическая фигура
- линия
- конфигурация линий
- поверхность
- конфигурация поверхностей
- геометрическое тело
- конфигурация геометрических тел
- геометрическая фигура смешанной размерности

#### **§ Разбиение по признаку ограниченности размера:**

- геометрическая фигура ограниченного размера
- геометрическая фигура неограниченного размера

#### **§ Разбиение по признаку существования граничных точек:**

- геометрическая фигура, имеющая граничные точки
- геометрическая фигура, не имеющая граничных точек

#### **§ Разбиение по признаку расположения в одной плоскости:**

- планарная фигура
- непланарная фигура

#### **§ Разбиение по признаку расположения на одной прямой:**

- прямолинейная фигура
- непрямолинейная фигура

Рисунок 2 – Фрагмент предметной области теоретико-множественного описания предметной области  
Геометрии Евклида

### **треугольник**

#### **§ Утверждения:**

- Текст Утв. (треугольник; тройка точек; вершина\*; непрямолинейная фигура)  
•• [ Для каждого треугольника тройка точек, являющихся вершинами этого треугольника, принадлежит классу непрямолинейных фигур. ]
- Текст Утв. (треугольник; внутренний угол\*; мера угла\*)  
•• [ Сумма мер углов треугольника равна 180 угловых градусов. ]  
•• [ Для каждого треугольника выполняется следующее числовое соотношение  
 $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$  где  
 $\alpha, \beta, \gamma$  - величины внутренних углов треугольника. ]
- Текст Утв. (треугольник; внутренний угол\*; острый угол, тупой угол, прямой угол)  
•• [ В любом треугольнике либо все углы острые, либо два угла острые, а третий тупой или прямой. ]
- Текст Утв. (треугольник; окружность; вписанность\*; центр\*)  
•• [ Центр окружности, вписанной в треугольник, есть точка пересечения биссектрис треугольника. ]
- Текст Утв. (треугольник; сторона\*; внутренний угол\*; конгруэнтность\*)  
= Признак равенства треугольников по 2-м сторонам и углу между ними  
•• [ Если две стороны и угол между ними одного треугольника равны соответственно двум сторонам и углу между ними другого треугольника, то такие треугольники равны (конгруэнтны). ]
- Текст Утв. (треугольник; сторона\*; внутренний угол\*; прилежащий\*; конгруэнтность\*)  
= Признак равенства треугольников по стороне и прилежащим к ней углам  
•• [ Если сторона и прилежащие к ней углы одного треугольника равны соответственно стороне и прилежащим к ней углам\* другого треугольника, то такие треугольники равны (конгруэнтны). ]

Рисунок 3 – Фрагмент предметной области логического описания Геометрии Евклида

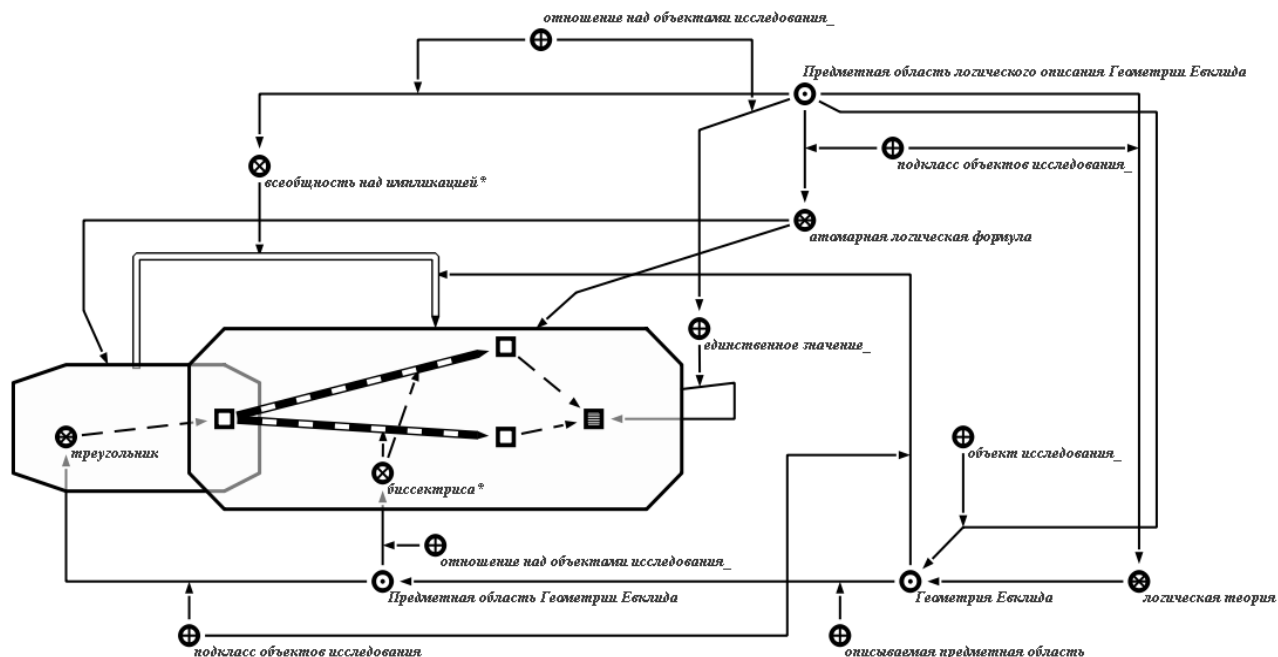


Рисунок 4 – Фрагмент предметной области логического описания Геометрии Евклида, описывающий теорему «У каждого треугольника любая пара его биссектрис имеет одну и ту же общую точку»

предметные области.

Таким образом, семантическая структура базы знаний представляет собой иерархическую систему описываемых ею предметных областей, надстраиваемых над заданной основной предметной областью.

В основе комплексной методики проектирования семантических моделей интеллектуальных систем лежит *задачно-ориентированный подход*. То есть каждый компонент системы разрабатывается исходя из определенного для него круга решаемых задач, которые определяются тестовым сборником. На основе этого тестового сборника задач проектируется первая версия компонентов системы.

Фрагмент тестового сборника задач для системы по геометрии представлен ниже:

- Запросы основных свойств заданного объекта
  - *Какими свойствами обладают прямоугольные треугольники*
- Сколько-вопросы
  - *Какова (чему равна) площадь Треугольника (TA, TB, TC)*
- Запросы минимального высказывания (минимального фрагмента базы знаний), описывающего семантически значимую связь между всеми объектами заданного множества объектов
  - *Как связаны между собой понятия луча и прямой*
- Запросы пар высказываний, описывающих сходные (похожие, аналогичные) свойства заданных двух объектов
  - *В чем заключается сходство Понятия отрезка и Понятия плоского угла*

- Запросы одноуровневой классификации заданного множества
  - *Как разбивается (классифицируется) Понятие треугольника*
- Запросы всех известных подмножеств заданного множества
  - *Какие классы геометрических фигур являются подклассами Класа планарных фигур (т.е. классами, которые являются подмножествами Множества всевозможных планарных фигур)*
- Запросы надмножеств заданного множества
  - *К каким классам геометрических фигур относится трапеция*

Неотъемлемым компонентом интеллектуальной справочной системы, определяющим функциональные возможности конкретной интеллектуальной справочной системы, являются информационно-поисковые и навигационные операции [Голенков и др., 2001], [OSTIS, 2010].

Семантическая технология компонентного проектирования средств навигации и поиска в семантических сетях [Житко, 2011] предоставляет технологию разработки, хранения и повторного использования информационно-поисковых sc-операций. Ключевым элементом технологии является библиотека совместимых ip-компонентов, использование которой позволит разрабатывать машину обработки знаний интеллектуальной системы из готовых функциональных элементов – sc-операций. Это позволяет снизить расходы на разработку и реализацию средств поиска и навигации в интеллектуальной системе.

В интеллектуальных системах, основанных на технологии OSTIS, информация представляется в

виде семантической сети, что позволяет оперировать не только фактографической информацией, но и осуществлять навигацию по установленным отношениям в рамках предметной области прикладной вопросно-ответной системы. Отметим также важность интеллектуальных справочных, т.к. они составляют основу интеллектуальных систем.

Проектирование информационно-поисковых основано также на задачно-ориентированном подходе, то есть начинается с составления тестового сборника вопросов системе.

Тестовый сборник вопросов для системы по геометрии приведен выше.

Для задания вопроса системе используется семантический язык вопросов.

Семантический язык вопросов предназначен для организации взаимодействия, как между пользователем и интеллектуальной системой, так и внутри системы между различными её компонентами.

Пример неатомарного запроса, формулируемого как «Приведите примеры каждого класса понятия *треугольник*», приведен на рисунке 5.

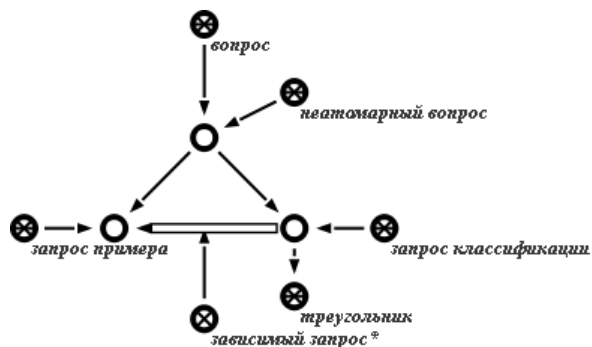


Рисунок 5 - Пример неатомарного запроса

В приведённом примере на первом шаге будет найдена полная классификация множества *треугольник*, и далее во второй части вопроса, каждому из найденных классов будет найден пример.

Этот же вопрос можно задать, используя шаблоны изоморфного поиска в формулировке вопроса, пример приведен на рисунке 6.

Интеллектуальность справочной системы определяется многообразием вопросов, на которые система может дать ответ [Федоров, 1994]. Из этого следует, что интеллектуальность справочных систем будет зависеть и от множества операций информационного поиска, т.к. именно они определяют возможности системы ответа на поставленные вопросы. При этом, при отсутствии ответа в базе знаний, система должна генерировать ответ на вопрос на основе имеющихся знаний, что обеспечивается интеллектуальным решателем задач.

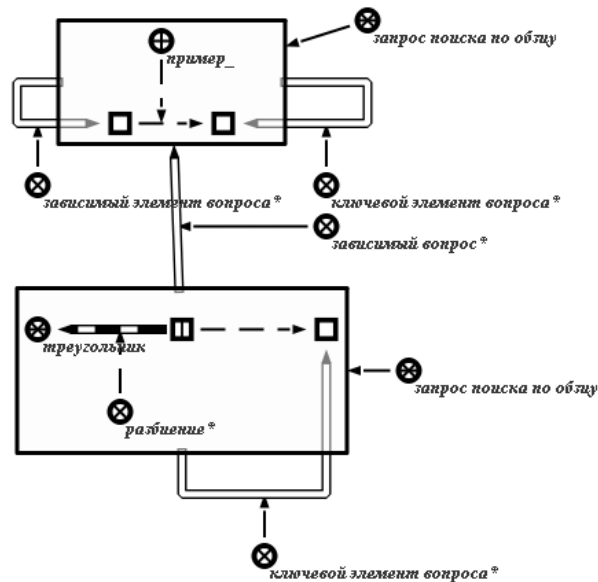


Рисунок 6 - Пример неатомарного вопроса с использованием шаблонов изоморфного поиска

Технология проектирования интеллектуальных решателей задач основана на задачно-ориентированной методологии [Заливако и др., 2012]. В связи с этим проектирование системы операций состоит из четырех основных этапов:

- создание тестового сборника задач, которые решаются в рамках исследуемой предметной области;
- определение набора предметно независимых операций, которые будут использоваться при решении задач из тестового сборника;
- уточнение семантической спецификации каждой из указанных операций;
- реализация и отладка операций.

В общем случае можно выделить следующие предметно независимые классы задач:

- задачи синтеза доказательства;
- задачи верификации;
- задачи синтеза способа (алгоритма) решения;
- задачи анализа;
- задачи классификации.

В качестве примера предметной области рассмотрим геометрию Евклида. Тогда классификация задач тестового сборника будет выглядеть следующим образом:

- по способу решения:
  - вычислительные задачи;
  - задачи на доказательство;
  - задачи на построение;
  - комбинированные задачи;
- по объекту решения:
  - задачи о точках;
  - задачи о прямых и отрезках;
  - задачи о треугольниках;
  - задачи о многоугольниках;
  - задачи об окружностях;
  - и другие;
- по размерности пространства:
  - задачи по планиметрии;



- задачи по стереометрии.

Подробнее методика проектирования интеллектуальных решателей задач рассмотрена в работе [Заливако и др., 2012].

При работе пользователя со справочной системой большое значение имеет организация диалога пользователя и системы, которая обеспечивается пользовательским интерфейсом.

В рамках семантической технологии OSTIS пользовательский интерфейс интеллектуальной справочной системы представляет собой специализированную интеллектуальную систему, которая разрабатывается по тем же принципам и с использованием такой же методики, как и любая другая интеллектуальная система, и состоит из базы знаний, машины обработки знаний [Корончик, 2012].

Более подробно методика проектирования пользовательских интерфейсов интеллектуальных систем рассмотрена в работе [Корончик, 2012].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе приведена комплексная методика проектирования интеллектуальных справочных систем, основанная на массовой семантической технологии проектирования компьютерных систем различного уровня интеллекта OSTIS. Основными особенностями и достоинствами предлагаемой методики проектирования заключаются в следующем:

- расширенный семантический язык вопросов;
- семантическая модель информационного поиска;
- семантическая модель структуризации баз знаний, на основе которой обеспечивается разделение задач между разработчиками для параллельной разработки компонентов интеллектуальных справочных систем, что влечет за собой сокращение сроков разработки интеллектуальных справочных систем;
- интеллектуальная help-система для информационного обслуживания и обучения конечных пользователей интеллектуальной справочной системы;
- интеллектуальная help-система для информационного обслуживания и обучения разработчиков интеллектуальной справочной системы;
- семантическая модель интеллектуальной справочной системы;
- продолжение проектирования интеллектуальной справочной системы, направленного на постоянное ее совершенствование, непосредственно в ходе эксплуатации;
- поэтапное эволюционное развитие основных компонентов интеллектуальной справочной системы (база знаний, интеллектуальная информационно-поисковая машина, интеллектуальный решатель задач,

интеллектуальный пользовательский интерфейс);

- обеспечение модульной разработки интеллектуальных справочных систем;
- единый подход к проектированию всех компонентов интеллектуальных справочных систем на основе семантической модели интеллектуальной справочной системы.

Результаты, приведенные в работе, апробируются в рамках открытого проекта OSTIS [OSTIS, 2012].

Данная работа выполнялась при поддержке гранта БРФФИ-РФФИ №Ф10Р-149, а также гранта БРФФИ №Ф10М-085.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [Башмаков, 2003] Башмаков, А. И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. / Башмаков А. И., Башмаков И. А., М.: Информационно-издательский дом "Филинь", 2003. — 616 с.
- [Башмаков, 2004] Башмаков, А.И. Интеллектуализация как средство повышения доступности технологий разработки компьютерных средств обучения / А.И. Башмаков // Образовательная среда сегодня и завтра: материалы Всероссийской научно-практической конференции [Электронный ресурс]. — 2004. - Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru/vconf/index.php>. — Дата доступа: 10.10.2011
- [Бениаминов, 2008] Бениаминов, Е.М. О построении Web-сервера в стиле Semantic Wiki с открытым контекстным языком представления и запросов/Е. М. Бениаминов// КИИ-2008. Труды конференции. Т 2, С. 15-21
- [Владимиров и др., 2008] Программный комплекс «УДАВ»: практическая реализация активного обучающего логического вывода с линейной вычислительной сложностью на основе миварной сети правил / Владимиров А.Н., Варламов О.О., Носов В.В., Потапова Т.С. // Конгресс по интеллектуальным системам и технологиям. Труды конгресса; — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010.
- [Голенков, 2011] Голенков, В.В., Гулякина Н.А. Принципы построения массовой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем. — В кн Междунар. научн.-техн. конф. . «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2011). Материалы конф. [Минск, 10-12 февр. 2011 г.]. — Минск: БГУИР, 2011, с. 21-59.
- [Голенков и др., 2001] Интеллектуальные обучающие системы и виртуальные учебные организации / Голенков В.В. [и др.]; под ред. В.В. Голенкова — Минск, 2001. — 488с.
- [Гаврилова и др., 2001] Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. Учебник / Гаврилова Т.А. [и др.]; — СПб. : Изд-во «Питер», 2001.
- [Гаврилова, 2008] Гаврилова, Т. А. Визуальные методы работы со знаниями: попытка обзора / Т. А. Гаврилова, Н. А. Гулякина // Искусственный интеллект и принятие решений, 2008, № 1, С. 15-21
- [Грибова, 2010] Грибова, В.В. Системы управления интеллектуальными Интернет-приложениями. / Грибова В.В., Клещев А.С., Шалфеева Е.А.// Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2010. 31 с.
- [Грибова, 2011] Грибова, В. В. Облачная платформа для разработки и управления интеллектуальными системами / В. В. Грибова, А. С. Клещев, Д. А. Крылов, Ф. М. Москаленко, С. В. Смагин, В. А. Тимченко, М. Б. Тютюнник, Е. А. Шалфеева //Материалы международной научно-технической конференции OSTIS-2011, 5-14 стр. Минск БГУИР
- [Давыденко, 2011] Давыденко И. Т. Интеллектуальная справочная система по геометрии / И. Т. Давыденко, В. А. Житко, С. С. Заливако, Д. Н. Корончик, С. Г. Мошенко, О. Ю. Савельева, С. С. Старцев, Д. В. Шункевич //Материалы международной научно-технической конференции OSTIS-2011, стр. Минск БГУИР
- [Житко, 2011] Житко В. А. Технология компонентного проектирования средств навигации и поиска в семантических

сетях / В. А. Житко //Материалы международной научно-технической конференции OSTIS-2011, стр. Минск БГУИР

[Загоруйко и др., 2008] Загоруйко, Ю.А., Боровикова, О.И. Подход к построению порталов научных знаний / Ю.А. Загоруйко [и др.] // Автометрия. – 2008 – № 1, Т. 44, – С. 100–110.

[Заливако и др., 2012] Заливако, С. С. Семантическая технология компонентного проектирования интеллектуальных решателей задач / С. С. Заливако, Д. В. Шункевич // Материалы международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» – Минск, 2012

[Зенкин, 1991] Зенкин, А.А. Когнитивная компьютерная графика/ А.А. Зенкин; - М.: Наука, 1991.

[Клещев и др., 2001а] Клещев А.С., Артемьева И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 1. Существующие подходы к определению понятия "онтология" //НТИ. Серия 2 "Информационные процессы и системы", 2001, № 2

[Клещев и др., 2001б] Клещев А.С. Артемьева И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 2. Компоненты модели //НТИ. Серия 2 "Информационные процессы и системы", 2001, № 3

[Клещев и др., 2001с] Клещев А.С. Артемьева И.Л. Математические модели онтологий предметных областей. Часть 3. Сравнение разных классов моделей онтологий //НТИ. Серия 2 "Информационные процессы и системы", 2001, № 4

[Корончик, 2012] Корончик, Д. Н. Семантические модели мультимодальных пользовательских интерфейсов и семантическая технология их проектирования / Д. Н. Корончик // Материалы международной научно-технической конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» – Минск, 2012

[Открытая математика, 2010] Открытая математика. Планиметрия [Электронный ресурс]. Минск, 2010. – Режим доступа: <http://mathematics.ru/courses/planimetry/design/index.htm> – Дата доступа: 17.11.2010.

[Федоров, 1994] Федоров, Б.И. Логика компьютерного диалога / Б.И. Федоров, З.О. Джаляшвили. – Москва : Онега, 1994.

[Хорошевский, 2008] Хорошевский, В.Ф. Пространства знаний в сети Интернет и Semantic Web (Часть 1) / В. Ф. Хорошевский // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2008. - № 1. - С.80-97.

[ЭЗОП, 2007] Web-сервер онтологий системы ЭЗОП [Электронный ресурс]. Минск, 2010. – Режим доступа: <http://ezop-project.ru/drupal5/>. – Дата доступа: 14.11.2011.

[Geogebra, 2011] Сайт системы динамической геометрии GeoGebra [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geogebra.org> – Дата доступа: 11.11.2011.

[Geometry Expressions, 2011] Geometry Expressions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geometryexpressions.com/>. – Дата доступа: 11.11.2011.

[OSTIS, 2011] Проект OSTIS [Электронный ресурс]. Минск, 2011. – Режим доступа: <http://ostis.net/>. – Дата доступа: 11.12.2011.

## INTEGRATED METHODOLOGY OF DESIGN OF THE INTELLIGENT REFERENCE SYSTEM SEMANTIC MODEL

Davydenko I.T.

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

**ir.davydenko@gmail.com**

## INTRODUCTION

In this work we will examine intelligent question-answering systems design.

Let's consider intelligent question-answering system as system class, which is able to answer different freely

constructed user's questions, and also solve problems from the corresponding knowledge domain.

Providing an opportunity for user to ask as wide as possible range of questions to the system, within the limits of some knowledge domain, is a particular feature and intellectuality illustration of intelligent question-answering systems. Such system makes search and navigate in the knowledge base, also it generates answer, if it is not found in user's knowledge base in certain knowledge domain.

## MAIN PART

Within the limits of OSTIS [Голенков, 2011] technology, intelligent question-answering system consists from knowledge base, intelligent search machine, program package for problem solving, intelligent problem solver, user interface.

Intelligent system design comes to design of its logic-semantic model, in other words formal description of intelligent system and all its components structure. The advantage of such system design method is independence from realizing platforms. In other words, if you designed just semantic model of intelligent question-answering system, you will be able to realize this model on different platforms, without changing greatly your system model.

At the heart of evolutionary collective design of intelligent systems semantic models complex principle there are two aspects: *evolutionary intelligent question-answering system design* and *collective intelligent question-answering system design*.

By this principle all system components are developed. Basis for all components integration is uniform knowledge representation model based on SC-code.

For the effective organization of intelligent question-answering system knowledge bases design, it is necessary to include the next components to the main system composition as subsystems:

- Intelligent design support and system maintenance subsystem;
- Help-system for knowledge bases makers informational servicing;
- Design automation intelligent system;
- Intelligent design control and system maintenance subsystem.

## CONCLUSION

In the given paper short description of integrated method of design of integrated method of design of the intelligent reference system semantic model are present. The article describes the design of the geometry intelligent reference system, which is designed with open semantic technology of design intelligent systems.

Given results are tested in an open project OSTIS [OSTIS, 2012].