

§4 БАЗЫ ЗНАНИЙ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ, СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Н.А. Гулякина, И.Т. Давыденко, Д.В. Шункевич

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ, ОСНОВАННАЯ НА СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

***Аннотация.** В работе рассматривается методика проектирования семантических моделей одного из важнейших классов интеллектуальных систем – интеллектуальных справочных систем. Методика основывается на применении семантических сетей при кодировании информации, хранящейся в базе знаний. В основе данной методики лежат два принципа: принцип эволюционного проектирования и принцип коллективного проектирования. Отличительной особенностью такого подхода к проектированию интеллектуальных систем 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.*

***Ключевые слова:** Программное обеспечение, Методика, Проектирование, Система, Знания, Семантика, Искусственный интеллект, Модель, Компонент, Предметная область*

Введение

На современном этапе развития информационных технологий проблема разработки практически полезных, реально и широко используемых интеллектуальных систем является одной из важнейших в области искусственного интеллекта [8].

Интеллектуальные обучающие системы являются широко используемым классом интеллектуальных систем [1], [2], [5]. На рисунке 1 приведена общая структура интеллектуальной обучающей системы, включающая в себя ряд типовых подсистем, обеспечивающих ее эффективную эксплуатацию и сопровождение.



Рисунок 1 – Структура интеллектуальной обучающей системы

В состав интеллектуальной обучающей системы входит важнейший вид интеллектуальных систем – интеллектуальные справочные системы, которые выполняют функцию обеспечения информационного обслуживания 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 самостоятельными 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.

Функциями интеллектуальной справочной системы являются:

- 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 [9], [13], [14] до настоящего времени не существует технологии проектирования интеллектуальных справочных систем, предоставляющих возможность быстро и качественно разрабатывать системы такого класса.

В работе предлагается комплексная методика проектирования интеллектуальных справочных систем в качестве подхода к построению такого класса 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, лежащие в основе организации проектирования семантической модели интеллектуальной справочной системы

Интеллектуальная справочная система состоит из следующих компонентов:

- база знаний, включающая в себя:
 - декларативную часть базы знаний;
 - процедурную часть базы знаний, которая представляет собой пакет программ для решения задач из заданной предметной области;
- машина обработки знаний, включающая в себя:
 - интеллектуальную информационно-поисковую машину;
 - интеллектуальный решатель задач;
- пользовательский интерфейс.

Исходя из структуры интеллектуальной справочной системы, для разработки каждого из ее компонентов необходимо использовать 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.

В качестве формальной основы проектируемых интеллектуальных систем, в качестве основы абстрактных логико-семантических моделей интеллектуальных систем, используются графодинамические модели специального вида – семантические модели представления и обработки знаний, в основе которых лежат семантические сети [4].

Всю семантическую сеть (максимальную семантическую сеть), хранимую в семантической памяти абстрактной логико-семантической модели интеллектуальной системы, будем называть абстрактной семантической моделью базы знаний этой интеллектуальной системы. База знаний должна содержать в себе всю информацию, необходимую агентам, работающим над семантической памятью, для организации коллективной деятельности по решению задач, с которыми должна справляться интеллектуальная система (сюда, в том числе входит и описание блокировок, задаваемых разными процессами в семантической памяти). [4]

Таким образом, 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 разрабатываемых моделей интеллектуальных систем 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.

Эволюционное проектирование интеллектуальной справочной системы 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).

Таблица 1.

Соответствие между компонентами системы и ее функциональными возможностями

Компоненты системы	Функциональные возможности системы
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

Следуя данному подходу, изначально необходимо выделить линии развития проектируемой системы. Они соответствуют разрабатываемым компонентам системы (см. табл. 1), при этом учитывается приоритет разработки следующим образом. На первом этапе проектируется семантическая модель базы знаний, затем происходит непосредственное наполнение базы знаний до заранее оговоренной степени ее 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.2).

	Версия 1	Версия 2	Версия 3	Версия 4
БЗ	1-я версия	2-я версия	3-я версия	4-я версия
ИПМ	типовое ядро	1-я версия	2-я версия	3- версия
ИР	типовое ядро	типовое ядро	1-я версия	2-я версия
ПИ	типовое ядро	типовое ядро	типовое ядро	1-я версия

Рисунок 2 – 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.

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 проектируемой интеллектуальной системы, 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 [10]. 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.

Аспект коллективного проектирования 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.

База знаний является одним из ключевых компонентов интеллектуальной справочной системы [6], [8], [12]. 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.

К достоинствам интеллектуальной справочной системы, разрабатываемой на основе предложенной технологии, можно отнести возможность богатого разнообразия представляемых 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.

Понятие базы знаний тесно связано с понятием предметной области. Семантика базы знаний интеллектуальной системы – это соотношение между базой знаний и описываемой ею предметной областью [3].

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 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[5].

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;

- 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;

- построение *предметной области вопросов и информационных задач* для заданной предметной области;

- построение *предметной области когнитивных мультимедийных иллюстраций и библиографических источников* для заданной предметной области [11].

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.

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 предметные области.

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

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:

- 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;

- семантическая модель интеллектуальной справочной системы;
- 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;
- продолжение проектирования интеллектуальной справочной системы, направленного на постоянное ее совершенствование, непосредственно в ходе эксплуатации;
- 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 [15].

Список литературы:

1. Башмаков, А. И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. / Башмаков А. И., Башмаков И. А., М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 2003. — 616 с.
2. 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
3. Голенков, В.В., Гулякина Н.А. Принципы построения массовой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем. – В кн Международ. 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.
4. Голенков, В.В., Гулякина Н.А. Принципы Графодинамические модели параллельной обработки знаний: принципы построения, реализации и проектирования. – В кн Международ. научн.-техн. конф. . «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2012). Материалы конф. [Минск, 16-18 февр. 2012 г.]. – Минск: БГУИР, 2012, с. 23-52.
5. Интеллектуальные обучающие системы и виртуальные учебные организации / Голенков В.В. [и др.]; под ред. В.В. Голенкова – Минск, 2001. – 488с.
6. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. Учебник / Гаврилова Т.А.. [и др.]; – СПб. : Изд-во «Питер», 2001.
7. 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

8. Грибова, В.В. Системы управления интеллектуальными Интернет-приложениями. / Грибова В.В., Клещев А.С., Шалфеева Е.А.// Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2010. 31 с.
9. 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
10. Гракова, Н.В. Семантическая модель управления проектами / Н.В. Гракова, И.И. Жуков, Д.Г. Колб // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: Материалы VII Междунар. науч.-метод. конференции, 1-2 дек. 2011 г. – Минск: БГУИР, 2011. Тезисы докладов
11. Зенкин, А.А. Когнитивная компьютерная графика/ А.А. Зенкин; – М. : Наука, 1991.
12. 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.
13. Web-сервер онтологий системы ЭЗОП [Электронный ресурс]. Минск, 2010. – Режим доступа: <http://ezop-project.ru/drupal5/>. – Дата доступа: 14.11.2011.
14. Сайт системы динамической геометрии GeoGebra [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geogebra.org> – Дата доступа: 11.11.2011.
15. Проект OSTIS [Электронный ресурс]. Минск, 2012. – Режим доступа: <http://ostis.net/>. – Дата доступа: 11.08.2012.

Библиография:

1. Башмаков, А. И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. / Башмаков А. И., Башмаков И. А., М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 2003. — 616 с.
2. 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
3. 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.
4. Голенков, В.В., Гулякина Н.А. Принципы Графодинамические модели параллельной обработки знаний: принципы построения, реализации и проектирования . – В кн Междунар. научн.-техн. конф. . «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2012). Материалы конф. [Минск, 16-18 февр. 2012 г.]. – Минск: БГУИР, 2012, с. 23-52.

5. Интеллектуальные обучающие системы и виртуальные учебные организации / Голенков В.В. [и др.]; под ред. В.В. Голенкова – Минск, 2001. – 488с.
6. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. Учебник / Гаврилова Т.А.. [и др.]; – СПб. : Изд-во «Питер», 2001.
7. 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
8. Грибова, В.В. Системы управления интеллектуальными Интернет-приложениями. / Грибова В.В., Клещев А.С., Шалфеева Е.А.// Владивосток: ИАПУ ДВО РАН, 2010. 31 с.
9. 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
10. Гракова, Н.В. Семантическая модель управления проектами / Н.В. Гракова, И.И. Жуков, Д.Г. Колб // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: Материалы VII Междунар. науч.-метод. конференции, 1-2 дек. 2011 г. – Минск: БГУИР, 2011. Тезисы докладов
11. Зенкин, А.А. Когнитивная компьютерная графика/ А.А. Зенкин; – М. : Наука, 1991.
12. 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.
13. Web-сервер онтологий системы ЭЗОП [Электронный ресурс]. Минск, 2010. – Режим доступа: <http://ezop-project.ru/drupal5/>. – Дата доступа: 14.11.2011.
14. Сайт системы динамической геометрии GeoGebra [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geogebra.org> – Дата доступа: 11.11.2011.
15. Проект OSTIS [Электронный ресурс]. Минск, 2012. – Режим доступа: <http://ostis.net/>. – Дата доступа: 11.08.2012.

References (transliteration):

1. Bashmakov, A. I. Razrabotka komp'yuternykh uchebnikov i obuchayushchikh sistem. / Bashmakov A. I., Bashmakov I. A., M.: Informatsionno-izdatel'skiy dom "Filin", 2003. — 616 s.
2. Bashmakov, A.I. Intellektualizatsiya kak sredstvo povysheniya dostupnosti tekhnologii razrabotki komp'yuternykh sredstv obucheniya / A.I. Bashmakov // Obrazovatel'naya sreda segodnya i zavtra: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Elektronnyy resurs]. – 2004. – Rezhim dostupa: <http://www.ict.edu.ru/vconf/index.php>. – Data dostupa: 10.10.2011
3. Golenkov, V.V., Gulyakina N.A. Printsipy postroeniya massovoy semanticheskoy tekhnologii komponentnogo proektirovaniya intellektual'nykh sistem . – V kn Mezhdunar. nauchn.-tekh. konf. . «Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nykh sistem» (OSTIS-2011). Materialy konf. [Minsk, 10-12 fevr. 2011 g.]. – Minsk: BGUIR, 2011, s. 21-59.

4. Golenkov, V.V., Gulyakina N.A. Printsipy Grafodinamicheskie modeli parrarel'noy obrabotki znaniy: printsipy postroeniya, realizatsii i proevtirovaniya . – V kn Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. . «Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nykh sistem» (OSTIS-2012). Materialy konf. [Minsk, 16-18 fevr. 2012 g.]. – Minsk: BGUIR, 2012, s. 23-52.
5. Intellektual'nye obuchayushchie sistemy i virtual'nye uchebnye organizatsii / Golenkov V.V. [i dr.]; pod red. V.V. Golenkova – Minsk, 2001. – 488s.
6. Gavrilova T.A., Khoroshevskiy V.F. Bazy znaniy intellektual'nykh sistem. Uchebnik / Gavrilova T.A.. [i dr.]; – SPb. : Izd-vo «Piter», 2001.
7. Gavrilova, T. A. Vizual'nye metody raboty so znaniyami: popytka obzora / T. A. Gavrilova, N. A. Gulyakina // *Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy*, 2008, № 1, S. 15-21
8. Gribova, V.V. Sistemy upravleniya intellektual'nymi Internet-prilozheniyami. / Gribova V.V., Kleshchev A.S., Shalfeeva E.A.// Vladivostok: IAPU DVO RAN, 2010. 31 s.
9. Gribova, V. V. Oblachnaya platforma dlya razrabotki i upravleniya intellektual'nymi sistemami / V. V. Gribova, A. S. Kleshchev, D. A. Krylov, F. M. Moskalenko, S. V. Smagin, V. A. Timchenko, M. B. Tyutyunnik, E. A. Shalfeeva // *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii OSTIS-2011*, 5-14 str. Minsk BGUIR
10. Grakova, N.V. Semanticheskaya model' upravleniya proektami / N.V. Grakova, I.I. Zhukov, D.G. Kolb // *Distantsionnoe obuchenie – obrazovatel'naya sreda XXI veka: Materialy VII Mezhdunar. nauch.-metod. konferentsii*, 1-2 dek. 2011 g. – Minsk: BGUIR, 2011. Tezisy dokladov
11. Zenkin, A.A. Kognitivnaya komp'yuternaya grafika/ A.A. Zenkin; – M. : Nauka, 1991.
12. Khoroshevskiy, V.F. Prostranstva znaniy v seti Internet i Semantic Web (Chast' 1) / V. F. Khoroshevskiy // *Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy*. – 2008. – № 1. – S.80-97.
13. Web-server ontologiy sistemy EZOP [Elektronnyy resurs]. Minsk, 2010. – Rezhim dostupa: <http://ezop-project.ru/drupal5/>. – Data dostupa: 14.11.2011.
14. Sayt sistemy dinamicheskoy geometrii GeoGebra [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.geogebra.org> – Data dostupa: 11.11.2011.
15. Proekt OSTIS [Elektronnyy resurs]. Minsk, 2012. – Rezhim dostupa: <http://ostis.net/>. – Data dostupa: 11.08.2012.