

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В. В. Голенков, Н. А. Гулякина

Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {golen, guliakina}@bsuir.by

В данной работе рассматриваются основные проблемы, препятствующие активному развитию рынка интеллектуальных систем и широкому использованию таких систем. В качестве решения указанных проблем предлагается построить общую универсальную технологию проектирования такого рода систем и их компонентов, в основе которой лежит унифицированная модель представления и обработки знаний, основанная на семантических сетях с теоретико-множественной интерпретацией.

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы - рассмотреть проблемы, препятствующие развитию рынка интеллектуальных систем. К сожалению, эти проблемы лежат не только в научной плоскости. От решения этих проблем во многом зависит эффективность не только инженерных работ и научных исследований, но и подготовки молодых специалистов в области искусственного интеллекта.

Наступил период развития информатики в целом и искусственного интеллекта в частности, когда возникает опасность за эйфорией от очевидных успехов не заметить существенных накапливающихся проблем, которые обусловлены высоким уровнем наукоемкости и междисциплинарности разработки сложных и, в особенности, интеллектуальных компьютерных систем. Эти проблемы, в частности, проявляются в форме синдрома «вавилонского столпотворения», синдрома «иллюзии благополучия», синдрома «кавалерийской атаки».

I. АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ ДЕЛ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ТРАДИЦИОННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

Наряду с очевидными достижениями традиционной информатики, следует отметить ряд проблем:

- Не обеспечена совместимость традиционных компьютерных систем и, следовательно, задача их интеграции каждый раз должна решаться специальным образом с учетом специфики интегрируемых систем
- Не обеспечена гибкость (легкая модифицируемость) традиционных компьютерных систем, что приводит к увеличению трудоемкости их совершенствования и к сокращению их жизненного цикла
- Высок уровень дублирования проектных решений, что обусловлено практически ничем не ограничиваемой у разработчиков свободой выбора формы представления обрабатываемой информации

Качество компьютерной системы определяется:

- мощностью класса решаемых ею задач;
- временем реакции (производительностью) системы;
- уровнем комфорта для конечного пользователя и, в частности, к уровню требований, предъявляемых к начинающему пользователю;
- уровнем развития средств, обеспечивающих повышение уровня квалификации конечного пользователя непосредственно в ходе эксплуатации системы.

II. ЧТО ТАКОЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И В ЧЕМ ИХ ПРИНЦИПИАЛЬНОЕ ОТЛИЧИЕ ОТ ТРАДИЦИОННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

Определение 1. Интеллектуальная система (ИС) - это компьютерная система, в ходе общения с которой у вас возникает ощущение, что вы общаетесь с человеком (Тест Тьюринга).

Примечания:

- во-первых, достаточно легко сделать систему, которая имитирует человекоподобное общение;
- во-вторых, не каждый человек в состоянии пройти этот тест;
- в-третьих, не каждая интеллектуальная система должна быть диалоговой.

Таким образом, это определение предъявляет к интеллектуальным системам требования, не являющиеся ни необходимыми, ни достаточными.

Определение 2. Интеллектуальная система - это компьютерная система, способная решать интеллектуальные задачи.

Примечания:

- традиционно построенные компьютерные системы могут решать такого рода задачи (например, обыграть Каспарова в шахматы), но они являются узкоспециализированными и не способны расширять свои возможности в других сферах (не только

играть в шахматы, но и распознавать своих партнеров, обсуждать с ними различные вопросы);

- таким образом, этот вариант определения интеллектуальной системы также формулирует необходимое, но не достаточное требование к интеллектуальным системам.

Определение 3. Интеллектуальная система

– это компьютерная система, способная решать задачи, с которыми традиционные компьютерные системы не справляются, в отличие от человека и животных (даже тех, которые не обладают развитой нервной системой).

Примечания:

- традиционные компьютерные системы не могут свободно перемещаться в пространстве, формировать свои цели, планировать свое поведение во внешней среде и эффективно реализовывать сложные формы поведения, легко адаптирующиеся к изменениям условий и требующие корректировки плана поведения;
- традиционные компьютерные системы не могут интегрировать различные каналы восприятия ситуаций и событий во внешней среде для формирования единой комплексной картины окружающего мира и собственного «Я» в этом мире.

Определение 4. Интеллектуальная система

– это компьютерная система, способная приобретать новые знания и навыки (т.е., обучаться) и не иметь никаких ограничений в расширении своих знаний, навыков и, соответственно, возможностей (в частности, она может легко перейти от неумения решать интеллектуальные задачи, кроме задач самообучения, к умению решать все более и более сложные интеллектуальные задачи).

Примечания:

- при этом интеллект системы используется не только для того, чтобы приобретать, анализировать и обобщать собственный опыт, т.е., учиться на собственном опыте, но и для того, чтобы учиться на опыте других субъектов, способных выполнять различные действия во внешней для них среде и во внутренней среде, т.е., в собственной памяти;
- благодаря обучаемости и отсутствию ограничений на расширение своих возможностей интеллектуальная система способна существенно расширять многообразие решаемых ею интеллектуальных задач;
- это определение интеллектуальной системы на сегодняшний день выглядит наиболее удачным, но оно рассматривает интеллектуальную систему с точки зрения ее внешнего поведения (как «черный щик»).

Определение 5. Интеллектуальная система

– это компьютерная система, в основе кото-

рой лежит: (1) семантически структурированная совокупность всех используемых ею знаний, для представления которых используется универсальный базовый язык, обеспечивающий совместимость многообразия знаний; (2) коллектив предметно независимых (в этом смысле универсальных) информационных агентов, которые работают над хранимыми в памяти знаниями, взаимодействуют только через общую для них память и обеспечивают решение любого вида задач (в том числе интеллектуальных).

Примечания:

- другими словами, интеллектуальная система – это система, основанная на знаниях и предметно независимых (универсальных) механизмах решения задач;
- это определение интеллектуальной системы уточняет ее внутреннюю структуру.

Переход от традиционных компьютерных систем к интеллектуальным является абсолютно логичным этапом их эволюции и направлен не только на повышение качества компьютерных систем и, в частности, на расширение класса решаемых задач (за счет интеллектуальных задач), но и на повышение эффективности технологии их разработки за счет:

- обеспечения совместимости и интеграции систем
- существенного расширения мощности библиотек многократно используемых компонентов и уровня самих компонентов, которыми могут быть целые типовые подсистемы
- существенного сокращения трудоемкости и сроков проектирования, благодаря практически полному исключению дублирования проектных решений на основе эффективного использования проектного опыта в библиотеке многократно используемых компонентов
- существенного повышения уровня гибкости систем, снижения трудоемкости их совершенствования и, как следствие, увеличения их жизненного цикла

III. Анализ текущего положения дел в ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ИИ)

Анализ современных технологий ИИ показывает, что наряду с впечатляющими достижениями они имеют целый ряд серьезных недостатков. К числу таких недостатков, в частности, относятся:

- технологии ИИ не ориентированы на широкий круг разработчиков ИС и, следовательно, не получили массового распространения;
- велики сроки разработки ИС и велика трудоемкость их сопровождения;

- высока степень зависимости технологий ИИ от платформ, на которых они реализованы, что является причиной высокой трудоемкости переноса ИС на новые платформы;
- для эффективной реализации существующих моделей представления знаний и моделей решения трудно формализуемых задач современные компьютеры оказываются плохо приспособленными, что требует разработки принципиально новых компьютеров;
- современное состояние в области проектирования ИС представляет собой «вавилонское столпотворение» самых различных моделей, методов, средств, платформ; отсутствуют подходы, позволяющие на универсальной основе интегрировать научные и практические результаты в области искусственного интеллекта, что порождает высокую степень дублирования результатов;
- отсутствует общее унифицированное решение проблемы семантической совместимости ИС, что порождает высокую трудоемкость создания комплексных интегрированных ИС. Наиболее остро проблема совместимости ИС проявляется при разработке web-ориентированных интеллектуальных систем;
- отсутствует методика конструктивного использования опыта завершенных разработок ИС, что порождает высокую степень дублирования разработок различных компонентов этих систем;
- отсутствует унифицированная методика совершенствования различных структурных уровней ИС в процессе их сопровождения. Обновление ИС часто сводится к разработке различного рода «заплаток», которые устраняют не причины выявленных недостатков обновляемых ИС, а только некоторые следствия этих причин.

IV. ПОЧЕМУ СПРОС НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРЕВЫШАЕТ ИХ ПРЕДЛОЖЕН

Почему высокий уровень потребности в интеллектуальных системах и достаточно высокий уровень научных результатов, позволяющий создавать практически полезные интеллектуальные системы в самых различных областях, не приводят к желаемому развитию *рынка интеллектуальных систем*.

Основная причина – *отсутствие широкого контингента инженеров*, способных быстро и качественно разрабатывать интеллектуальные системы различного назначения.

Для формирования широкого контингента инженеров интеллектуальных систем:

1. Должна существовать такая *технология разработки интеллектуальных систем*, которая:
 - удовлетворяла бы всем современным требованиям
 - постоянно совершенствовалась и обеспечивала накопление проектного опыта
 - была бы ориентирована на максимально быстрое ее понимание и усвоение (за счет семантически структурированной документации)
2. Должна быть создана эффективная *методика обучения инженеров интеллектуальных систем*, которая:
 - учитывает высокий уровень наукоемкости разработки интеллектуальных систем обеспечивает такое обучение за разумное время (например, за время обучения в вузе).

V. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РАЗРАБОТЧИКАМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Инженер, разрабатывающий интеллектуальные системы, не обязан быть ученым в этой области, но он *должен уметь*:

- эффективно *использовать текущую версию технологии* разработки интеллектуальных систем для быстрого и качественно построения разрабатываемой системы на основе *целостного представления* об этой системе (целостной формальной модели)
- *способствовать развитию используемой технологии* путем накопления, систематизации и включения в технологию собственного проектного опыта и путем сотрудничества с учеными в решении тех проектных задач, с которыми текущая версия технологии не справляется.

Тем не менее, высокий уровень наукоемкости разработки каждой интеллектуальной системы фактически означает, что эта разработка становится одновременно и научной, и инженерной.

Инженер интеллектуальных систем должен иметь склонность к научной работе и обладать соответствующими навыками (умением решать задачи, обладающие научной новизной).

Интеллектуальные системы, в силу своей наукоемкости, являются *вызовом для современной инженерии компьютерных систем*, поскольку требуют от разработчиков компьютерных систем существенного повышения уровня:

- математической культуры
- системной культуры
- технологической культуры
- организационно-корпоративной культуры

Математическая культура – это умение четко (точно, ясно) мыслить и четко фиксировать полученные знания, в частности, про-

ектируемые формальные модели разрабатываемых интеллектуальных систем.

Говоря о *математических моделях интеллектуальных систем* и их компонентов, следует различать:

- математические исследовательские модели, которые создаются учеными для понимания и уточнения того, как устроены интеллектуальные системы
- математические проектные модели, которые разрабатываются инженерами интеллектуальных систем и являются результатами различных этапов проектирования интеллектуальных систем (такие модели должны быть совместимыми и должны обеспечивать построение комплексных, целостных логико-семантических моделей интеллектуальных систем)

Системная культура – это умение чувствовать переход количества изменений, вносимых в разрабатываемую систему, в новое качество системы, умение отличать прогрессивные и регрессивные изменения, умение видеть этапы (версии) эволюции системы, умение отличать тактические и стратегические аспекты эволюции разрабатываемой системы.

Технологическая культура – это умение постоянно минимизировать трудоемкость разработки (обеспечение совместимости – соблюдение стандартов, накопление и систематизация проектного опыта, постоянное совершенствование технологии).

Организационно-корпоративная (командная) культура – это умение минимизировать накладные расходы, связанные с согласованием коллективных действий, умение чувствовать синдром «лебеда, рака и щуки», умение повышать уровень комфорта, мотивации и работоспособности как у себя, так и у коллег.

Кроме того, *развитие рынка интеллектуальных систем требует от их разработчиков взаимодействия, направленного на накопление и систематизацию приобретаемого проектного опыта в рамках общей и постоянно совершенствуемой технологии разработки интеллектуальных систем.*

Развитие рынка интеллектуальных систем является также *вызовом не только для инженеров, но и для ученых в области искусственного интеллекта*, поскольку требует от них объединения своих результатов в направлении создания общей теории интеллектуальных систем, а также комплексной и постоянно совершенствуемой технологии разработки интеллектуальных систем.

VI. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

различать:

- То, что сейчас называется компьютерной грамотностью конечного пользователя, не

имеет никакой связи с требуемой грамотностью пользователей интеллектуальных систем, основой которой является методологическая грамотность использования интеллектуальных систем

- Кроме того, конечные пользователи должны обладать достаточно адекватной общей Картиной Мира и уметь связывать ее с базами знаний интеллектуальных систем

VII. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

- Минимизация трудоемкости и сроков разработки.
- Обеспечение высокого качества разрабатываемых систем.
- Компонентный (модульный) характер разработки.
- Платформенная независимость проектирования: четкое разделение проектируемых формальных моделей, создаваемых систем и семейства универсальных платформ, обеспечивающих интерпретацию этих моделей.
- Создание комплекса интеллектуальных систем, обеспечивающих информационно-методическую поддержку и автоматизацию проектирования формальных моделей разрабатываемых систем.
- Снижение стартовых требований, предъявляемых к разработчикам и обеспечение максимальных темпов повышения уровня их профессиональной квалификации непосредственно в ходе проектных работ.
- Обеспечение совместимости и гибкости разрабатываемых систем и, как следствие, снижение трудоемкости совершенствования систем в ходе их эксплуатации и увеличение их жизненного цикла.

VIII. ПРИНЦИПЫ, ЛЕЖАЩИЕ В ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ OSTIS

Технология OSTIS – это открытая семантическая *технология* компонентной платформенно-независимой эволюционной *разработки* гибких совместимых интеллектуальных систем [1,2].

В основе Технологии OSTIS лежит семантическое представление всех знаний, используемых интеллектуальной системой.

Следует отличать два аспекта семантического представления:

- обеспечение однозначности использования различных понятий (как знаков, обозначающих классы различного вида сущностей), что предполагает уточнение (спецификацию) систем понятий, соответствующий различным предметным областям. Та-

кие спецификации называются *онтологиями*;

- обеспечение однозначности использования не только понятий, но и любых других знаков, что означает переход к *смысловому представлению знаний*.

Технология OSTIS представляет собой технологию компонентного (модульного) и платформенно-независимого проектирования семантически совместимых интеллектуальных систем, имеющих *базы знаний любого уровня сложности* и реализующих *параллельные модели обработки знаний*.

Компонентное проектирование компьютерных систем, основанных на знаниях, предполагает

- систематизацию множества *многократно используемых* (reusable) компонентов. Выделение минимальных конфигураций (ядер) компонентов, пренебрегающих производительностью или комфортом пользователя. Задание направлений расширения таких ядер для повышения производительности или пользовательского комфорта при полном сохранении логико-семантической эквивалентности;
- *независимость логического уровня* проектирования компьютерных систем от различных платформ (в т.ч. и от аппаратно реализованных);
- *выделение типовых встроенных подсистем* компьютерных систем;
- обеспечение *онтологической совместимости* баз знаний проектируемых систем.

В основе **Технологии OSTIS** лежит:

- *формальная онтология интеллектуальных систем*, а точнее, формальная онтология их логико-семантических моделей
- *формальная онтология проектирования интеллектуальных систем* – формальная онтология средств и методов проектирования логико-семантических моделей интеллектуальных систем, а также проектных действий, направленных на разработку указанных логико-семантических моделей
- *база знаний ostis-системы*, т.е., системы построенной по **Технологии OSTIS**, представляет собой *семантическую сеть*, имеющую в общем случае *сложную иерархическую структуру*, в которой имеются элементы, обозначающие не только внешние сущности и связи между ними, но и различные классы элементов семантической сети, различные фрагменты этой сети, различные связи между указанными классами, между указанными фрагментами. Все это предоставляет *неограниченные возможности перехода от знаний к метазнаниям*.

Основой *параллельных моделей обработки знаний* в системах, построенных по **Технологии OSTIS**, является *модель асинхронного управления знаниями*. Суть этой модели заключается в том, что все процессы обработки знаний, выполняемые неким набором агентов, инициируются соответствующими ситуациями или событиями, которые возникают в семантической памяти в ходе обработки базы знаний. Агенты, работающие над общей для них памятью, взаимодействовали *только* через хранимую в памяти базу знаний. Данная модель придает компьютерной системе:

1. Естественный *параллелизм*
2. Высокий уровень *гибкости*
3. Широкий простор для создания мощных *библиотек* многократно используемых компонентов.

Система, управляемая знаниями, – это:

- система, хорошо приспособленная к эволюции (обучению);
- система, накладные расходы на совершенствование которой практически минимальны;
- система, разработка которой акцентирует внимание не на создание ее стартовой версии, а на постоянное ее совершенствование;
- система ситуационного управления деятельностью коллектива агентов;
- система, в которой доминирующую роль играют хранимые в памяти знания, а не программы их обработки.

Архитектура ostis-системы, в основе которой лежит семантическая память (структурно перестраиваемая память семантических сетей) и асинхронное управление знаниями, хранимыми в этой памяти, обеспечивает:

- высокий уровень *информационной гибкости* в наполнении и редактировании базы знаний;
- высокий уровень *функциональной гибкости* в корректировке набора агентов, работающих над семантической памятью.

Открытый характер и доступность **Технологии OSTIS**:

- предполагает включение в базу знаний каждой разрабатываемой системы *полной документации* этой системы (руководства пользователя и разработчика) и полного описания текущего состояния, истории и планов деятельности разработчиков;
- дает возможность не только эффективно эксплуатировать системы, построенные по **Технологии OSTIS**, но и *участвовать в их развитии*;
- доступность и открытость обеспечивается *для всех систем*, разрабатываемых по **Технологии OSTIS**, в том числе, и для *Мета-системы IMS*, осуществляющей поддержку такого проектирования.

Любую компьютерную систему, в т.ч. и ту, которая не решает интеллектуальные задачи, можно построить на основе *Технологии OSTIS*, т.е., в виде ostis-системы. Это предоставит системе не только широкий "оперативный простор" для развития, но и возможность достаточно легко "превратить" ее в систему, способную решать интеллектуальные задачи, если возникнет такая необходимость. Кроме того, это предоставит возможность полного исключения дублирования проектных решений, обусловленного разными формами представления информации, разными моделями решения задач и разными платформами.

Таким образом, компьютерные системы, разработанные по *Технологии OSTIS*, можно считать *новым поколением компьютерных систем*, которые, независимо от решаемых ими задач, становятся обладателями таких свойств, как:

- совместимость
- платформенная независимость
- гибкость
- адаптивность
- обучаемость

Суть интеллекта компьютерной системы заключается не в способности решать интеллектуальные задачи, а в способности *приобретать* и неограниченно *расширять* способности решать новые задачи. При этом можно говорить о протоинтеллектуальных (почти интеллектуальных) системах, которые не решают интеллектуальные задачи, но обладают указанными выше свойствами.

IX. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ OSTIS

Разработана *стартовая версия Метасистемы IMS*, база знаний которой содержит полное формальное описание текущего состояния *Технологии OSTIS* и, в частности, содержит формальную онтологию логико-семантических моделей ostis-систем и формальную онтологию средств, методов и проектных действий, направленных на проектирование таких систем.

Разработаны основы *семантической теории баз знаний* и, в частности, принципы структуризации и систематизации баз знаний:

- базовый язык внутреннего смыслового представления знаний (SC-код)
- типология знаний, входящих в состав базы знаний, и связей между ними (разделы, предметные области, онтологии, семантические окрестности и др.)
- унификация содержательной структуры базы знаний:
 - предметная часть базы знаний
 - история эволюции того, что описывается в предметной части базы знаний

- контекст предметной части базы знаний
- документация данной ostis-системы (ее текущее состояние)
- история эксплуатации данной ostis-системы
- история развития данной ostis-системы (ее прошлое)
- проект развития данной ostis-системы (ее будущее)

Разработана *модель коллективного проектирования* баз знаний ostis-систем.

Разработаны стартовые средства *визуализации* семантических моделей баз знаний, представленных семантическими сетями.

Разработаны основы *семантической теории обработки баз знаний*:

- базовый язык программирования, ориентированный на обработку семантических моделей баз знаний (Язык SCP) и интерпретатор этого языка
- агенты обработки знаний (информационного поиска, поиска решения задач и дедуктивного вывода, редактирования баз знаний, сборки информационного мусора и др.)
- типология и формальное представление в семантической памяти задач, решаемых агентами обработки знаний, а также ситуаций и событий, инициирующих деятельность этих агентов

Разработаны *основы семантической теории пользовательских интерфейсов*:

- база знаний пользовательского интерфейса (описание синтаксиса и семантики внешних языков, описание пользователей, описание элементов управления интерфейсом)
- коллектив агентов обработки знаний пользовательского интерфейса
- синтаксическая структура внешнего текста, достаточная для его семантического анализа
- синтаксическая структура внешнего текста, достаточная для его отображения (вывода)
- четкая денотационная семантика элементов управления интерфейсом
- унификация интерфейсных пользовательских действий

В рамках базы знаний *Метасистемы IMS* разработана *стартовая версия Библиотеки OSTIS*, которая содержит различного вида многократно используемые компоненты ostis-систем (онтологии, типовые фрагменты баз знаний, агенты обработки знаний, типовые подсистемы).

Разработан и включен в состав *Библиотеки OSTIS* целый ряд онтологий предметных областей верхнего уровня:

- *Предметной области sc-элементов*

- Предметной области множеств
- Предметной области связей и отношений
- Предметной области структур
- Предметной области информационных конструкций, не принадлежащих SC-коду
- Предметной области временных сущностей
- Предметной области действий и задач
- Предметной области знаний
- Предметной области семантических окрестностей
- Предметной области предметных областей
- Предметной области онтологий
- Предметной области логических формул и логических онтологий
- и др.

X. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ *Технологии OSTIS*

Разработать комплексную семантическую модель понимания внешней информации, поступающей на вход ostis-системы. Эта модель включает в себя формализацию следующих этапов понимания исходной информации:

- Синтаксический анализ введенной информации
- Построение семантически эквивалентного смыслового представления для введенной информации (трансляция на внутренний универсальный смысловой язык)
- Погружение в базу знаний (выявление и склеивание синонимичных знаков)
- Выравнивание онтологии базы знаний и онтологии введенной информации (замена понятий, не используемых агентами базы знаний на их определения на основе используемых)

Особо подчеркнем то, что все перечисленные этапы полностью могут быть реализованы с помощью предложенного нами SC-кода – унифицированного универсального внутреннего смыслового языка представления знаний в памяти ostis-систем [3]. Это обеспечивает совместимость указанных этапов (т.е., простой переход от одного этапа к другому).

Более того, это дает возможность в процессе понимания исходной информации "перепрыгивать" через несколько этапов, например, сразу в смысловое представление для некоторых фрагментов исходной информации. Это может существенно ускорить процесс понимания и существенно повысить его качество.

Разработать в виде многократно используемых компонентов *Библиотеки OSTIS унифицированные логико-семантические модели естественно-языковых интерфейсов* для различных естественных языков:

- модели понимания естественно-языковых текстов

- модели синтеза естественно-языковых текстов (модели трансляции внутреннего представления информации на естественный язык)

Технология OSTIS предоставляет широкие возможности для реализации естественно-языкового интерфейса, поскольку:

1. Язык смыслового представления знаний (SC-код) можно использовать и для описания синтаксиса естественного языка, и для описания структуры естественно-языковых текстов.
2. Семантический анализ естественно-языкового текста, т.е., трансляция его синтаксической структуры в его смысловое представление, должен осуществляться не на основе полного (завершенного, полностью построенного) описания синтаксической структуры текста, а по частям.

Перейти от атомарных ostis-систем к коллективам ostis-систем (т.е., к распределенным ostis-системам). Разработать семантическую модель взаимодействия ostis-систем между собой и семантическую модель взаимодействия ostis-систем с иными компьютерными системами. В частности, для *Проекта OSTIS* актуальным является формирование следующих коллективов ostis-систем:

1. IMS + все дочерние ostis-системы (для автоматического обновления версий компонентов)
2. Система управления кафедрой + все разрабатываемые кафедрой ostis-системы (для управления персоналом и мониторинга деятельности студентов)
3. Система управления кафедрой + IMS + система подготовки и проведения конференций OSTIS + интеллектуальные обучающие системы по дисциплинам специальности «Искусственный интеллект»

Расширить многообразие программно реализованных платформ интерпретации логико-семантических моделей ostis-систем.

Разработать семейство ассоциативных семантических параллельных компьютеров, управляемых хранимыми знаниями и обеспечивающих аппаратную интерпретацию формальных логико-семантических моделей ostis-систем.

Особо следует отметить, что четкое уточнение структуры и формализации полной логико-семантической модели ostis-систем обеспечивает четкую постановку технического задания на разработку семантического компьютера. Это будет компьютер, для которого уже сейчас разрабатывается большое количество приложений, реализуемых на программных платформах, и накапливается опыт разработки таких систем. Это означает, что с появлением семантического компьютера проблемы его использования не возникнет.

Таким образом, современный уровень развития *Технологии OSTIS* дает возможность существенно снизить риск разработки семантических параллельных компьютеров, ориентированных на обработку знаний, так как:

- есть четкая постановка задачи (абстрактная scr-машина)
- есть четкое понимание того, как этот компьютер будет использоваться
- есть возможность создавать компьютерные системы, использующие этот компьютер, не дожидаясь его разработки

XI. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ OSTIS

Любую компьютерную систему можно построить по архитектуре систем, управляемых знаниями, что даже без всякой интеллектуализации решателей задач переведет эти системы на качественно новый уровень, позволяющий существенно увеличить темпы их совершенствования в ходе эксплуатации и обеспечить их полную семантическую совместимость. Есть целый ряд областей применения компьютерных систем, настоятельно требующих того, чтобы эти системы были построены на основе знаний. Прежде всего, это те области применения компьютерных систем, в которых качество, структуризация и легкая модифицируемость контента играет решающую роль. Перечислим некоторые из таких систем:

- Интеллектуальные *системы автоматизации проектирования* различных классов систем на основе онтологических моделей.
- Интеллектуальные *обучающие системы* с явно представленными междисциплинарными связями, что позволяет формировать у обучаемого достаточно адекватную общую картину мира.
- *Порталы научных знаний* и изменение методологии информационной поддержки развития различных научно-технических областей (публикация научных результатов рассматривается как отрецензированный вклад в базу знаний соответствующей научно-технической области, а само состояние этой области рассматривается как текущее состояние соответствующей базы

знаний). Авторский вклад будет рассматриваться как признанный вклад в базу знаний, а эволюция баз знаний будет полностью совпадать с эволюцией соответствующих научно-технических дисциплин.

- Распределенное *глобальное смысловое пространство* знаний, представляющее собой результат интеграции баз знаний всех ostis-систем, связанных между собой глобальной сетью. Реализация накопления, верификации, согласования, структуризации и систематизации человеческих знаний в рамках такого смыслового пространства, которое представляет собой принципиально новый характер накопления и совершенствования таких знаний.
- Интеллектуальные *робототехнические системы*.
- *Умная среда* жизнедеятельности (умный дом, умная дорога, умный город).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспективы развития рынка интеллектуальных систем определяются тем, насколько прогрессивным и цивилизованным будет взаимодействие науки, образования, инженерии и бизнеса в этой области.

Эпицентром такого взаимодействия является сотрудничество, направленное на создание общей теории интеллектуальных систем и на развитие комплексной технологии компонентного и платформенно независимого проектирования семантически совместимых интеллектуальных систем.

1. Голенков В.В., Гулякина Н.А. Проект открытой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем. Часть 1: Принципы создания // *Онтология проектирования*. 2014. №1, с. 42-64.
2. Голенков В.В., Гулякина Н.А. Проект открытой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем. Часть. 2: Унифицированные модели проектирования // *Онтология проектирования*. 2014. №4, с. 34-54.
3. Голенков, В.В. Представление и обработка знаний в графодинамических ассоциативных машинах. Монография / В.В. Голенков, О.Е. Елисеева, В.П. Иващенко и др. Под ред. В.В. Голенкова. – Мн.: БГУИР, 2001. – 412 с.