



Методы и средства обеспечения совместимости компьютерных систем

Голенков В.В., Гулякина Н.А., Давыденко И.Т.,
Кафедра интеллектуальных информационных технологий БГУИР
Еремеев А.П.,
Кафедра Прикладной математики МЭИ

<https://baai.org.by> -> Проекты БОИИ -> 1. Экосистема OSTIS ->
Презентация



Цель доклада

Текущее состояние работ в области искусственного интеллекта можно охарактеризовать следующим образом – четкое разделение

- 1) тех, для кого апелляция к искусственному интеллекту является исключительно **маркетинговым** ходом
- 2) и тех, кому **небезразлично** развитие искусственного интеллекта.

Цель доклада – указать актуальное направление взаимовыгодного сотрудничества тех, кому **небезразлично** развитие технологий искусственного интеллекта в условиях ограниченных ресурсов и при полном сохранении их научных интересов и бизнес-интересов.

Это решение проблемы обеспечения совместимости интеллектуальных систем и их компонентов.

Предыстория – от обучаемости к совместимости компьютерных систем



- OSTIS-2018: ключевое свойство интеллектуальных систем – обучаемость (гибкость, стратифицированность, рефлексивность)
- OSTIS-2019: совместимость компьютерных систем (и в том числе интеллектуальных систем) как важнейшая основа высокого уровня их обучаемости



OSTIS-2019 о проблеме совместимости

- ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ СЕМАНТИЧЕСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ - *Голенков В. В., Шункевич Д. В., Давыденко И. Т., Гракова Н. В.*
 - ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ И СЕМАНТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ - *Головко В. А., Крощенко А. А., Таберко В. В., Иванюк Д. С., Иващенко В. П., Ковалев М. В.*
 - СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЧЕВЫХ СООБЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ ФОРМАЛИЗОВАННОГО КОНТЕКСТА - *Захарьев В. А., Ляхор Т. В., Губаревич А. В., Азаров И. С.*
 - НЕЙРОСЕТОВОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА - *Искра Н. А., Искра В. В., Лукашевич М. М.*
-
- ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ РЕЦЕПТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА - *Таберко В. В., Иванюк Д. С., Касьяник В. В., Головко В. А., Русецкий К. В., Шункевич Д. В., Гракова Н. В.*



Предпосылки совместимости – многоагентность, гибридность, формальные онтологии

- Д.А. Поспелов – Теория ситуационного управления
- А.С. Клещев – Семантические модели интеллектуальных систем
- А.В. Колесников – Гибридные интеллектуальные системы
- В.Б. Тарасов – Многоагентные и гибридные компьютерные системы, мягкие вычисления
- Т.А. Гаврилова – Базы знаний интеллектуальных систем, онтологии
- С.В. Смирнов, Н.М. Боргест – Онтологическое проектирование
- А.Н. Борисов, П. Грабуст – Повторное использование онтологий
- Л.В. Массель – Практика ситуационного управления
- Л.С. Глоба – Порталы научных знаний



Структура доклада

1. Введение
2. Состояние и проблемы традиционных информационных технологий
3. Проблемы развития технологий искусственного интеллекта
4. Проблемы развития методов и средств информатизации научной деятельности
5. Предлагаемый подход к решению проблем
6. Стандарт смыслового представления информации в памяти компьютерной системы
7. Уточнение понятия семантической совместимости на основе стандарта смыслового представления информации
8. Семантические компьютерные системы и технологии
9. Экосистема OSTIS
10. Метасистема IMS.ostis
11. Семейство различных вариантов реализации универсального интерпретатора семантических моделей компьютерных систем
12. Встраиваемая интеллектуальная система коллективной разработки смысловых баз знаний
13. Порталы научных знаний, обеспечивающие формализацию междисциплинарных связей
14. Заключение

1. Введение



До настоящего времени традиционные информационные технологии и технологии искусственного интеллекта развивались **независимо друг от друга.**

Сейчас настало время **фундаментального переосмысления** опыта использования и эволюции традиционных информационных технологий и их **интеграции** с технологиями искусственного интеллекта. Это необходимо для устранения целого ряда недостатков как традиционных так и интеллектуальных информационных технологий.

Ключевым из этих недостатков является **низкий уровень совместимости** компьютерных систем

1.+ Введение



Рассмотрим проблемы развития информационных технологий в контексте совместимости компьютерных систем

- в области **традиционных компьютерных систем**
- в области **интеллектуальных систем**
- в области автоматизации **научно-технической деятельности**

2. Состояние и проблемы традиционных информационных технологий



Современное состояние традиционных информационных технологий в целом можно охарактеризовать как:

- иллюзию благополучия
- иллюзию всемогущества финансовых ресурсов в решении сложных технических задач
- "**вавилонское столпотворение**" различных технических решений, о совместимости которых никто серьезно не задумывается
- отсутствие **комплексного** системного подхода к автоматизации сложных видов проектной деятельности
- отсутствие осознания того, что недостатки современных информационных технологий имеют **фундаментальный**, системный характер

2.1 Недостатки современных информационных технологий



- **Многообразие синтаксических форм** представления одной и той же информации, что является основной причиной **дублирования** технических решений
- Недостаточно высокая степень обучаемости современных компьютерных систем в ходе их эксплуатации
- Отсутствие возможности у экспертов реально влиять на качество разрабатываемых компьютерных систем
- Отсутствие семантической (смысловой) унификации интерфейсной деятельности пользователей компьютерных систем
- Документация компьютерной системы не является компонентом самой компьютерной системы

3. Проблемы развития технологий искусственного интеллекта



3.1. Эволюция компьютерных систем

Переход от традиционных компьютерных систем к интеллектуальным системам неизбежен и давно уже происходит. Это подтверждает:

- переход от доминирования программ к доминированию обрабатываемой информации
- переход от слабоструктурированных к структурированным данным, независимым от программ, обрабатывающих эти данные, т. е. к базам данных
- переход от баз данных к базам знаний путем расширения семантических видов обрабатываемой информации и далее к компьютерным системам, управляемым структурированными данными, и к компьютерным системам, управляемым базами знаний
- переход от неконтекстного решения задач, исходные данные для которых априори точно заданы, к решению задач с активным использованием контекста этих задач
- переход от процедурных языков программирования низкого уровня к процедурным языкам программирования высокого уровня, и к непроцедурным языкам программирования
- переход от последовательных программ к параллельным

3.1.+ Эволюция компьютерных систем

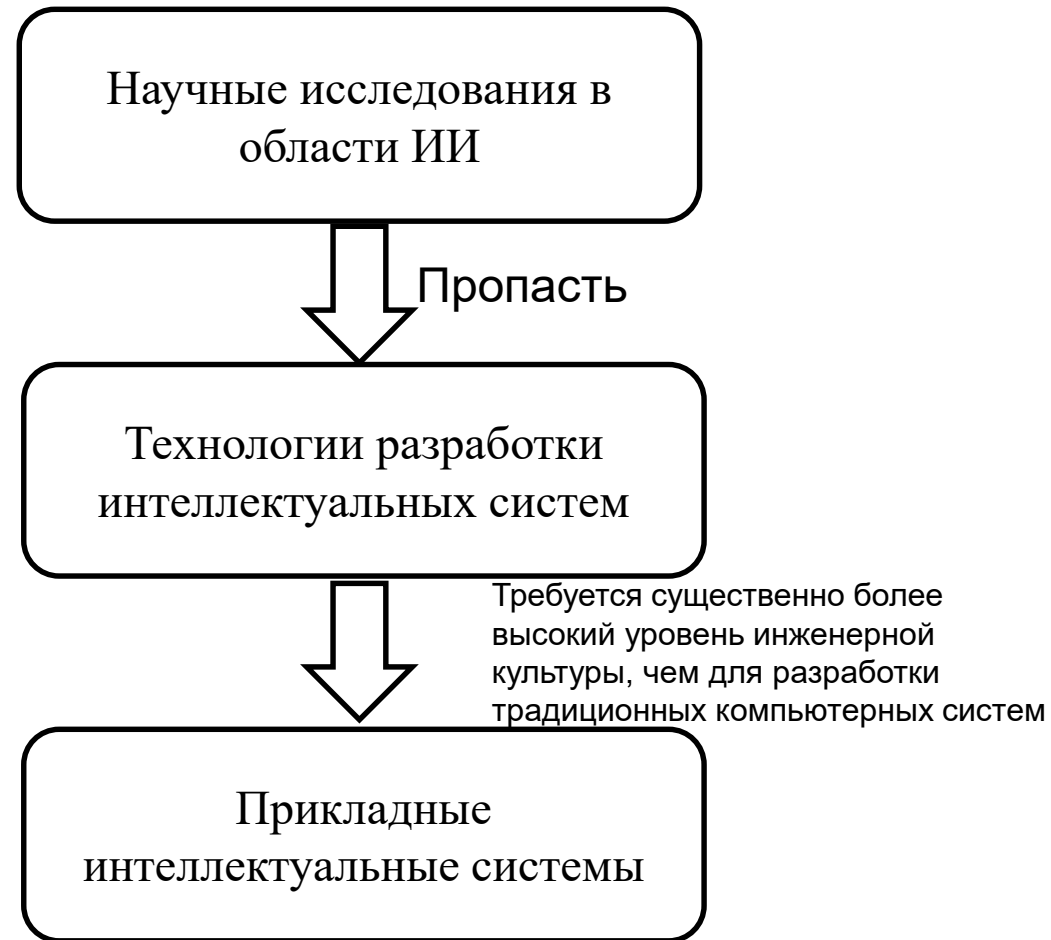


- переход от синхронной обработки информации к асинхронной
- переход от программ к исчислениям, к "мягким" вычислениям (нечетким логикам, генетическим алгоритмам, искусственным нейросетям)
- переход от программ, ориентированных на обработку данных, структуризация которых определяется соответствующими программами, к программам, ориентированным на обработку баз данных и далее баз знаний
- переход от адресной памяти к ассоциативной памяти
- переход от линейной памяти к нелинейной (структурно перестраиваемый, реконфигурируемой, графодинамической) памяти, в которой обработка информации сводится не только к изменению состояния элементов в памяти, но и к изменению конфигурации связей между ними
- переход от традиционных компьютерных систем к компьютерным системам, способным решать широкое многообразие сложных (трудно формализуемых) задач
- переход от необучаемых компьютерных систем к обучаемым

3.2. Проблемы развития технологий искусственного интеллекта (ИИ)



Несмотря на наличие серьезных научных результатов в области ИИ, темпы развития рынка интеллектуальных систем не столь впечатляющи.



3.3. Текущее состояние технологий искусственного интеллекта



- Есть большой набор частных технологий искусственного интеллекта с соответствующими инструментальными средствами, но отсутствует **общая теория интеллектуальных систем** и, как следствие, отсутствует комплексная **общая комплексная технология проектирования интеллектуальных систем** (см. конференции «Artificial General Intelligence», проводимые с 2008 года)
- **Совместимость различных моделей и частных технологий искусственного интеллекта практически не осуществляется** и, более того, отсутствует **осознание такой необходимости** (логики, искусственные нейронные сети, формальные онтологии и др.)

3.4. Направления развития технологий искусственного интеллекта



- Продолжая разрабатывать новые и совершенствовать известные **формальные модели решения** интеллектуальных задач **обеспечить совместимость этих моделей** как между собой, так и с традиционными моделями
- Обеспечить переход **от эклектичного построения** сложных интеллектуальных систем к глубокой интеграции их компонентов
- Сократить дистанцию между современным уровнем **теории и практики** разработки интеллектуальных систем
- Повысить уровень **согласованности** действий лиц, участвующих в процессе разработки и развития интеллектуальных систем
- Обеспечить активное **участие самих интеллектуальных систем** в решении проблемы их совместимости

4. Проблемы развития методов и средств информатизации научной деятельности



- многообразие как естественных, так и формальных языков, используемых для оформления результатов научно-технических исследований
- привязка научно-технических текстов к естественным языкам (монографии, отчеты, статьи)
- принципиальное противоречие между принципами эволюции естественных языков как основного средства коммуникации и требованиями, предъявляемыми к научно-техническим языкам



- построить строгую формальную систему научно-технических языков
- построить четкую связь между научно-техническими и естественными языками
- обеспечить оформление научно-технических текстов на совместимых формальных языках, понятных и удобных **как людям, так и компьютерным системам**
- обеспечить **поддержку эволюции** всего этого мультязыкового комплекса



- Существенно повысятся темпы эволюции научных знаний
- Существенно повысится эффективность использования научных знаний
- Существенно повысится качество обучения студентов за счет вовлечения их в процесс совершенствования знаний, соответствующих изучаемым дисциплинам

2+3+4. Выводы



Проклятие "вавилонского столпотворения"

и, как следствие, **несовместимость** информационных ресурсов нас преследует везде:

- и в развитии традиционных компьютерных систем;
- и в развитии интеллектуальных систем;
- и в развитии научной и инженерной деятельности.

Таким образом, **проблема семантической совместимости компьютерных систем является ключевой проблемой** текущего этапа развития информатики в целом и искусственного интеллекта в частности.

5. Предлагаемый подход к решению проблем



5.1. Аспекты решения проблемы совместимости

- обеспечение совместимости между различными компонентами компьютерных систем, а также между целостными компьютерными системами, входящими в коллективы компьютерных систем
- обеспечение совместимости между компьютерными системами и их пользователями
- обеспечение междисциплинарной совместимости (конвергенции)
- разработка методов и средств постоянного мониторинга и восстановления совместимости в условиях интенсивной эволюции компьютерных систем и их пользователей

5.2. Направления эволюции компьютерных систем



- 1) **расширение множества и многообразия задач**, решаемых компьютерной системой, повышение сложности задач и качества их решения; **расширение многообразия используемых видов информации и моделей решения задач**
- 2) **повышение уровня обучаемости** компьютерных систем, которая определяется:
 - **трудоемкостью и темпами приобретения** и совершенствования активно используемых знаний и навыков
 - **уровнем ограничений**, накладываемых на вид приобретаемых и используемых знаний и навыков

5.3. Трудоемкость и темпы расширения и совершенствования знаний и навыков компьютерной системы



определяется:

- **Гибкостью** - многообразием и трудоемкостью возможных изменений
- **Стратифицированностью** - четким разделением системы на достаточно независимые друг от друга уровни иерархии
- **Рефлексивностью** - способностью анализировать собственное состояние и свою деятельность
- **Гибриднойностью** - способностью приобретать и использовать широкое многообразие знаний и навыков
- **Уровнем самообучаемости** - уровнем активности, самостоятельности, целеустремленности в процессе своего обучения
- **Совместимостью** - трудоемкостью интеграции
- Способностью к **постоянному мониторингу и поддержке** своей совместимости

5.4. Совместимость компьютерных систем



аспекты:

- **глубокая интеграция** компьютерных систем, что предполагает преобразование нескольких компьютерных систем в одну целостную гибридную систему
- преобразование нескольких компьютерных систем в **коллектив взаимодействующих компьютерных систем**

определяется:

- совместимостью **различного вида информации** (знаний), хранимой в памяти компьютерной системы
- совместимостью **различных моделей решения задач**
- совместимостью **встроенных подсистем**, входящих в состав компьютерных систем
- совместимостью **внешней информации**, поступающей на вход компьютерной системе, с информацией, хранимой в памяти компьютерной системы (трудоемкостью понимания внешней информации)
- коммуникационной совместимостью **с пользователями** и с другими компьютерными системами

5.5. Суть предлагаемого подхода



- Объединение всех указанных выше направлений эволюции компьютерных систем
- Трактовка проблемы обеспечения совместимости различных видов знаний, различных моделей решения задач, различных компьютерных систем как **ключевой проблемы** эволюции компьютерных систем, решение которой существенно упростит решение и многих других проблем
- Семантическая унификация компьютерных систем

5.6. Актуальность совместимости компьютерных систем



Без обеспечения совместимости информационных ресурсов невозможно:

- ни создавать **коллективы компьютерных систем**, способные координировать свои действия при кооперативном расширении сложных задач
- ни создавать **гибридные компьютерные системы**, которые способны при решении сложных комплексных задач использовать всевозможные сочетания разных видов знаний и разных моделей решения задач
- ни использовать **компонентную методику проектирования компьютерных систем на всех уровнях** иерархии проектируемых систем

5.7.



6. Стандарт смыслового представления информации в памяти компьютерной системы



- грамотная унификация (стандартизация) должна не ограничивать творческую свободу разработчика, а гарантировать **совместимость** его результатов с результатами других разработчиков
- текущая версия любого **стандарта** - это не догма, а только опора для дальнейшего его совершенствования

Объективным ориентиром для унификации представления информации в памяти компьютерных систем и ключом к решению многих проблем эволюции компьютерных систем и технологий является **формализация смысла** представляемой информации.

6.1. История формализации смысла



- Э.Ф. Скороходько – RX-коды, семантические сети
- В.В. Мартынов - УСК
- И.А. Мельчук, А.К. Жолковский – Опыт разработки моделей «Смысл $\leftrightarrow$ Текст»
- В.П. Гладун - Организация памяти интеллектуальных систем
- Р. Шенк – Обработка концептуальной информации
- RDF, OWL

6.2. Уточнение принципов смыслового представления информации



- противопоставление **внутреннего языка компьютерной системы**, используемого для хранения информации в памяти компьютера, и **внешних языков компьютерной системы**, используемых для общения компьютерной системы с пользователями и другими компьютерными системами
- максимально возможное **упрощение синтаксиса** внутреннего языка компьютерной системы при **обеспечении универсальности** путем исключения из такого внутреннего универсального языка средств, обеспечивающих коммуникационную функцию языка

6.3. Унификация внутреннего представления информации в компьютерных системах



Смысл – это абстрактная знаковая конструкция, являющаяся инвариантом максимального класса семантически эквивалентных знаковых конструкций (текстов), принадлежащих самым разным языкам и удовлетворяющая следующим требованиям:

- **отсутствие синонимии** знаков (многократного вхождения знаков с одинаковыми денотатами)
- **отсутствие дублирования информации** в виде семантически эквивалентных текстов (не путать с логической эквивалентностью)
- **отсутствие омонимичных знаков** (в том числе местоимений)
- **отсутствие у знаков внутренней структуры** (атомарный характер знаков)

6.3.+ Унификация внутреннего представления информации в компьютерных системах



- **отсутствие склонений, спряжений** (как следствие отсутствия у знаков внутренней структуры)
- **отсутствие фрагментов знаковой конструкции, не являющихся знаками** (разделителей, ограничителей, и т.д.)
- **выделение знаков связей**, компонентами которых могут быть любые знаки, с которыми знаки связей связываются синтаксически задаваемыми отношениями инцидентности

6.4. Следствия предлагаемых принципов смыслового представления



- знаки сущностей, входящие в смысловое представление информации, **не являются именами** (терминами) и, следовательно, не привязаны ни к какому естественному языку
- **нелинейность** смыслового представления информации, обусловленная тем, что :
 - каждая описываемая сущность может иметь неограниченное число связей с другими описываемыми сущностями
 - каждая описываемая сущность в смысловом представлении имеет единственный знак, т.к. синонимия знаков здесь запрещена
 - все связи между описываемыми сущностями описываются связями между знаками этих описываемых сущностей

6.5. Положения предлагаемого универсального смыслового представления информации



- Смысловая знаковая конструкция трактуется как множество знаков, взаимно-однозначно обозначающих различные сущности (денотаты этих знаков) и множество связей между этими знаками
- Каждая связь между знаками трактуется, с одной стороны, как множество знаков, связываемых этой связью, а, с другой стороны, как **описание соответствующей связи**, которая связывает денотаты указанных знаков или денотаты одних знаков непосредственно с другими знаками, или сами эти знаки.
- Денотатами знаков могут быть
 - не только конкретные (константные, фиксированные), но и произвольные (переменные, нефиксированные) сущности
 - не только реальные (материальные), но и абстрактные сущности
 - не только "внешние", но и "внутренние" сущности, являющиеся множествами знаков, входящих в состав той же самой знаковой конструкции

6.6. SC-код



В качестве **стандарта** универсального смыслового представления информации **в памяти компьютерных систем** нами предложен **SC-код** (Semantic Computer Code).

- носит нелинейный характер
- предназначен не только для представления информации в памяти традиционных компьютеров, но и для кодирования информации в памяти компьютеров нового поколения, ориентированных на разработку семантически совместимых интеллектуальных систем и названных нами **семантическими ассоциативными компьютерами**.

6.7. Синтаксис SC-кода



Синтаксис SC-кода описывается в виде соответствующей формальной онтологии, которая представлена текстом SC-кода

sc-элемент

= атомарный фрагмент хранимой в памяти знаковой конструкции, принадлежащей SC-коду

sc-узел

sc-коннектор

sc-ребро

= неориентированный sc-коннектор

sc-дуга

= ориентированный sc-коннектор

базовая sc-дуга

*инцидентность sc-коннектора**

*инцидентность входящей sc-дуги**

6.8. Синтаксис и семантика SC-кода



Простота **синтаксиса** *SC-кода* обусловлена следующими **семантическими** свойствами *sc-текстов*:

- **Все (!)** *sc-элементы*, то есть элементарные (атомарные) фрагменты *sc-текстов*, являются **знаками** (обозначениями) различных описываемых сущностей
- Никаких других знаков, кроме *sc-элементов*, *sc-тексты* не содержат
- Любая сущность может быть описана *sc-текстом* и, соответственно, представлена в этом *sc-тексте* своим знаком
- Все *синтаксически выделяемые классы sc-элементов* (элементы *Алфавита SC-кода*) имеют четкую семантическую интерпретацию

Формальное описание **денотационной семантики** *SC-кода* средствами самого *SC-кода* осуществляется в виде иерархической системы **формальных онтологий** верхнего уровня, представленных в виде текстов *SC-кода*.

6.9. Семантика SC-кода



```
сущность
= sc-элемент
<= разбиение*:
{
  • стационарная сущность
  • темпоральная сущность
    ⊃ временная сущность
}
<= разбиение*:
{
  • материальная сущность
  • терминальная абстрактная сущность
  • файл
  • множество
    <= разбиение*:
    {
      • связь
      • структура
      • класс
        <= разбиение*:
        {
          • класс терминальных сущностей
          • отношение
          • класс классов
            ⊃ параметр
          • класс структур
        }
      }
    }
}

связь
<= разбиение*:
{
  • пара
  • небинарная связь
}
<= разбиение*:
{
  • неориентированная связь
    ⊃ неориентированная пара
  • ориентированная связь
    ⊃ ориентированная пара
}
<= разбиение*:
{
  • константная связь
  • переменная связь
}

пара
<= разбиение*:
{
  • неориентированная пара
    ⊃ sc-ребро
  • ориентированная пара
    ⊃ sc-дуга
    ⊃ пара принадлежности
}
<= разбиение*:
{
  • пара-петля
  • пара, не являющаяся петлей
}
```

6.10. Семантическая типология sc-коннекторов



- Связь между sc-элементами, являющаяся моделью связи между денотатами этих sc-элементов

*пространственное включение**



*темпоральное включение**

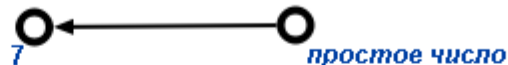


*включение множества**

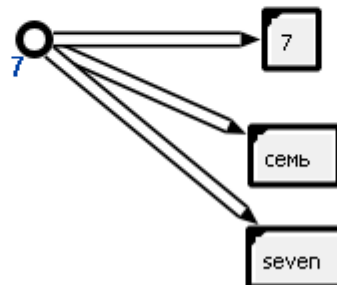


- Связь между sc-элементами, являющаяся моделью связи между одним sc-элементом и денотатом другого sc-элемента

*принадлежность**



*файл внешнего знака**



- Связь между sc-элементами, являющаяся моделью связи непосредственно между самими sc-элементами

*синонимия**



*предполагаемая синонимия**



7. Уточнение понятия семантической совместимости на основе стандарта смыслового представления информации



Для реализации компонентного проектирования баз знаний требуется:

- универсальный язык представления знаний (унификация по форме)
- универсальная процедура интеграции знаний в рамках указанного языка (понимание)
- разработка стандарта, обеспечивающего семантическую совместимость интегрируемых знаний (таким стандартом является согласованная система используемых понятий)

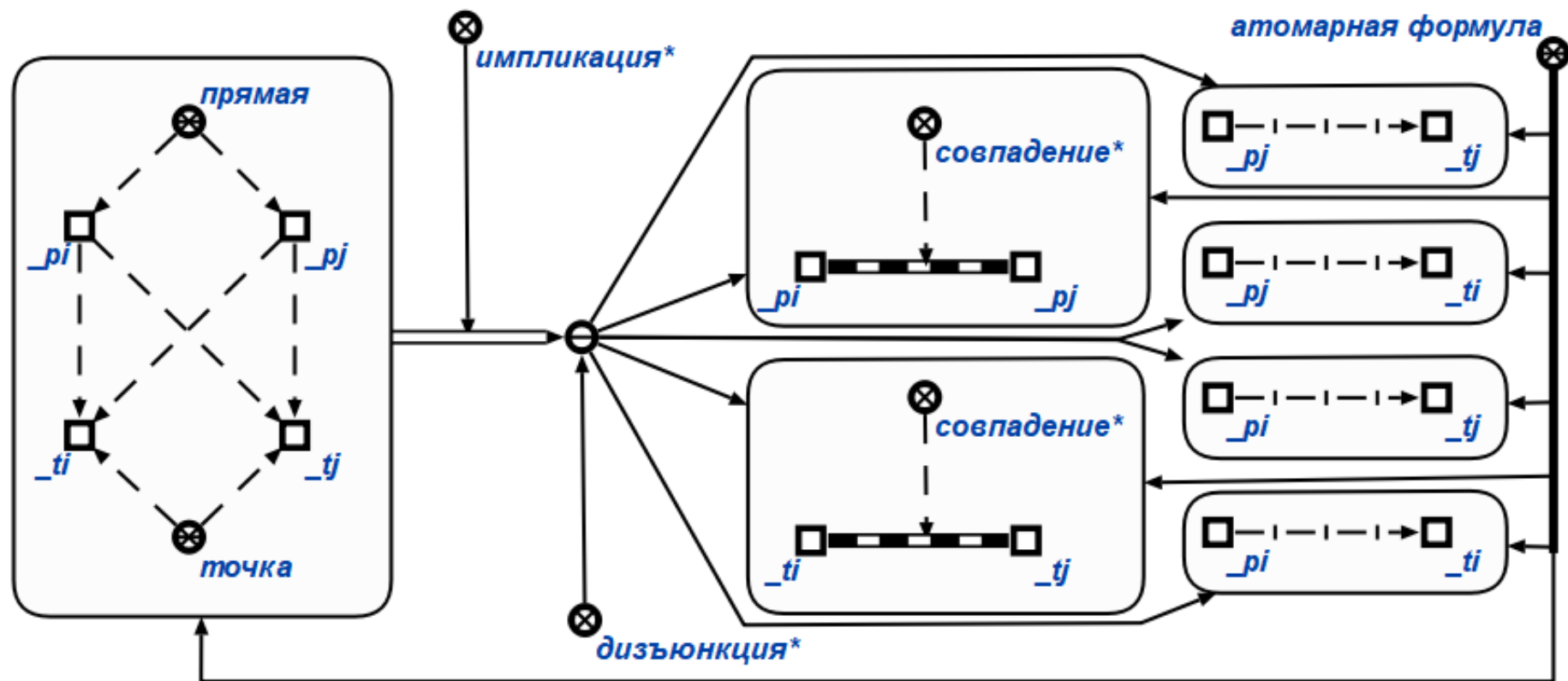
7.1. Уточнение процедуры понимания на основе смыслового представления информации



Процесс **понимания** можно разбить на три этапа:

- **трансляция** информации с некоторого внешнего языка на внутренней смысловой язык (SC-код). Этот этап отсутствует, если новая информация не вводится извне, а непосредственно генерируется в памяти компьютерной системы
- **погружение** новой информации, представленной в виде SC-текста в текущее состояние информационного ресурса, хранимого в памяти компьютерной системы и представленного также в виде SC-текста
- **выравнивание** (согласование) понятий, используемых в новой вводимой извне или сгенерированной информационной конструкции, с понятиями, используемыми в текущем состоянии хранимого в памяти компьютерной системы информационного ресурса

7.2. Иллюстрация решения задачи погружения sc-текста в базу знаний



7.3. Унификация и совместимость различных моделей решения задач



Предлагаемый подход к повышению уровня совместимости (интегрируемости) различных моделей решения задач заключается в следующем:

- Вся информация, хранимая в памяти каждого *решателя задач* (как собственно обрабатываемая информация, так и хранимые в памяти интерпретируемые навыки, например, различного вида программы), представляется в форме смыслового представления этой информации (в *SC-коде*)
- Решение каждой задачи осуществляется **коллективом агентов**, работающих над общей для них смысловой памятью и выполняющих интерпретацию хранимых в этой же памяти навыков (указанные агенты будем называть *sc-агентами*)
- **Интеграция** двух разных моделей решения задач сводится:
 - к интеграции всего *sc-текста*, хранимого в памяти первой модели, с *sc-текстом*, хранимым в памяти второй модели
 - к объединению множества агентов, входящих в состав первой модели, со множеством агентов, входящих во вторую модель решения задач

7.4. Семантическая совместимость компьютерных систем



Совместимые *компьютерные системы* – это компьютерные системы, для которых существует **автоматически выполняемая процедура их интеграции**, превращающая эти системы в единую *гибридную систему*, в рамках которой каждая исходная компьютерная система в процессе своего функционирования может свободно использовать любые необходимые знания и навыки, входящие в состав другой исходной компьютерной системы.

8. Семантические компьютерные системы и технологии



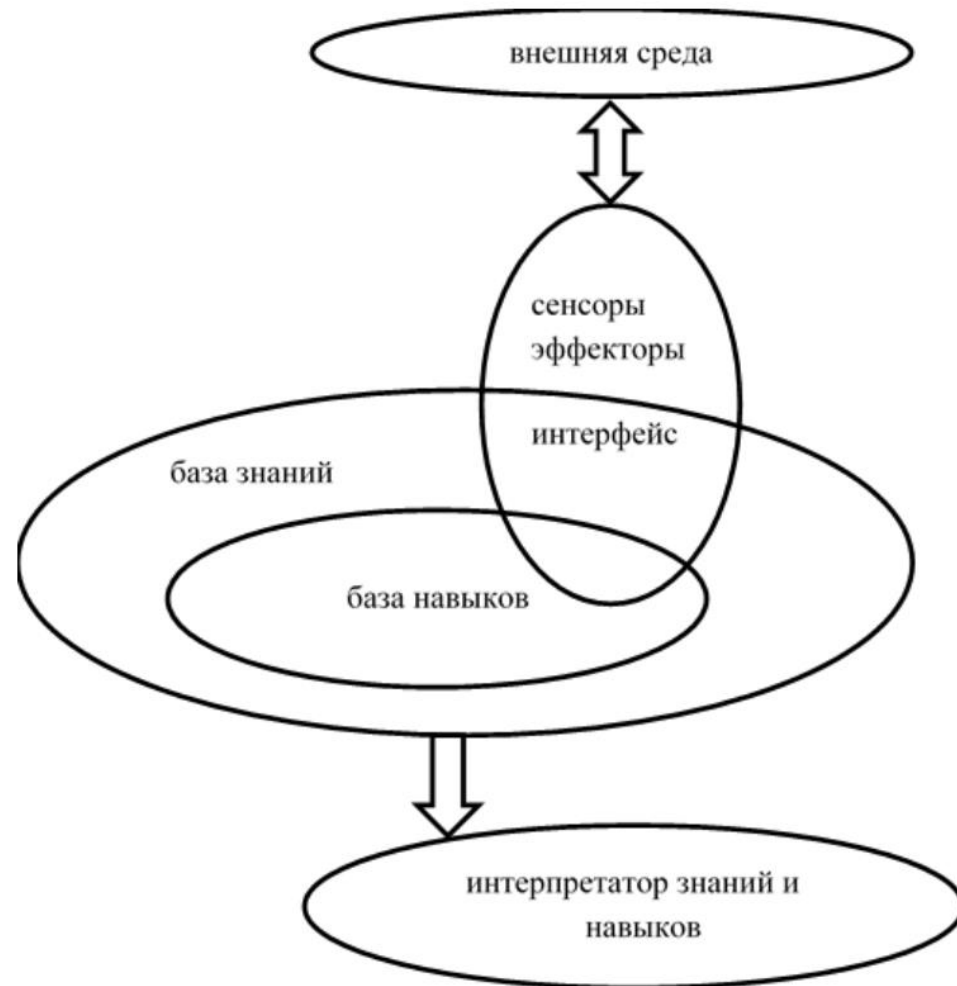
Эпицентром следующего этапа развития информационных технологий является решение проблемы обеспечения **семантической совместимости компьютерных систем** и их компонентов. Для решения этой проблемы необходимо

- переход от традиционных компьютерных систем и от современных интеллектуальных систем к *семантическим компьютерным системам*, в основе которых лежит смысловое представление информации;
- разработка и постоянное открытое совершенствование стандарта *семантических компьютерных систем*.

8.1. Архитектура семантической компьютерной системы



Предлагаемое нами устранение проблем современных информационных технологий путем перехода к *смысловому представлению информации* в памяти компьютерных систем преобразует современные компьютерные системы (в том числе и современные интеллектуальные системы) в *семантические компьютерные системы*, которые, следовательно, являются не альтернативной ветвью развития компьютерных систем, а **естественным этапом их эволюции**



8.2. Достоинства смыслового представления информации



- *смысловое представление информации* есть объективный, не зависящий от субъективизма и многообразия синтаксических решений, способ представления информации
- в рамках смыслового представления существенно упрощается процедура интеграции знаний и погружения новых знаний в *базу знаний*
- существенно упрощается процедура приведения различного вида знаний к общему семантическому виду (к согласованной системе используемых понятий)
- существенно упрощается процедура интеграции различных *решателей задач* и *целых компьютерных систем*
- существенно упрощается автоматизация перманентного процесса поддержки семантической совместимости (согласованности понятий и онтологий) для *компьютерных систем* в условиях их постоянного совершенствования
- на основе предложенного *стандарта смыслового представления информации* существенно упрощается интеграция различных дисциплин в области искусственного интеллекта, т.е. построение общей формальной теории интеллектуальных систем, так как для построения общей формальной модели интеллектуальных систем необходим базовый язык, в рамках которого можно было бы легко переходить от информации (от знаний) к **метаинформации** (к метазнаниям, к спецификациям исходных знаний)

8.3. Семантическая теория компьютерных систем



Основным лейтмотивом перехода от современных компьютерных систем к *семантическим компьютерным системам* является создание *общей семантической теории компьютерных систем*, включающей:

- семантическую теорию знаний и баз знаний;
- семантическую теорию задач и моделей их решения;
- семантическую теорию взаимодействия информационных процессов;
- семантическую теорию пользовательских и, в том числе, естественно языковых интерфейсов;
- семантическую теорию невербальных сенсорно-эффекторных интерфейсов;
- теорию универсальных интерпретаторов семантических моделей компьютерных систем и, в частности, теорию семантических компьютеров.

8.4. Семантическая технология проектирования компьютерных систем



Семантические компьютерные системы являются компьютерными системами нового поколения, устраняющими многие недостатки современных компьютерных систем.

Для массовой разработки таких систем необходима соответствующая технология, которая должна включать в себя

- теорию семантических компьютерных систем и комплекс всех стандартов, обеспечивающих совместимость разрабатываемых систем
- методы и средства проектирования семантических компьютерных систем
- **методы и средства перманентного совершенствования самой технологии**

8.5. *Технология OSTIS*



Предлагаемая нами технология разработки семантических компьютерных систем названа **Технологией OSTIS** (Open Semantic Technology for Intelligent Systems).

В основе этой технологии лежит **SC-код** – разработанный нами стандарт смыслового представления информации в памяти компьютерных систем.

В целом, *Технология OSTIS* – это

- **стандарт семантических компьютерных систем**, обеспечивающий семантическую совместимость систем, соответствующих этому стандарту;
- **методы построения** таких компьютерных систем и их совершенствования в процессе их эксплуатации;
- **средства построения** и совершенствования этих систем
 - языковые средства;
 - библиотеки типовых технических решений;
 - инструментальные средства
 - средства синтеза и модификации;
 - средства анализа, верификации, диагностики, тестирования;
 - средства устранения обнаруженных ошибок и недостатков.

8.5.+ *Технология OSTIS*



Технология OSTIS - это не просто стандарт семантических компьютерных систем, а стандарт, который постоянно и интенсивно совершенствуется с участием всех заинтересованных физических и юридических лиц.

Без стандартов в области компьютерных систем невозможно обеспечить их семантическую совместимость.

Но стандарты должны

- (1) не навязываться, а быть продуктом консенсуса всех (!)
заинтересованных специалистов
- (2) постоянно совершенствоваться

8.5.++ *Технология OSTIS*



Технология OSTIS позволяет создавать системы, которые вовсе не обязательно должны решать *интеллектуальные задачи*, но такая реализация *компьютерных систем* обеспечивает:

- ИХ СОВМЕСТИМОСТЬ
- высокую степень их гибкости, что позволяет неограниченным образом расширять функциональные возможности компьютерных систем вплоть до возможности решать *интеллектуальные задачи*

8.6. Достоинства *Технологии OSTIS*



- *Технология OSTIS* имеет **открытый характер** как для ее пользователей (разработчиков прикладных интеллектуальных систем), так и для тех, кто желает участвовать в ее совершенствовании;
- *Технология OSTIS* ориентирована на **постоянное повышение темпов** ее эволюции;
- *Технология OSTIS* является основой для решения проблем **семантической совместимости** самых различных научных и технических знаний, так как она ориентирована на формализацию междисциплинарных связей самого различного вида.

8.6.+ Достоинства *Технологии OSTIS*



Суть предлагаемой Технологии OSTIS заключается **не в ее текущем состоянии**, а в организации открытого процесса ее **перманентного совершенствования**.

Идеальных систем (в т.ч. и идеальных технологий) не бывает — есть только перманентное стремление к идеалу.

Главное создать средства и инфраструктуру, обеспечивающие высокую скорость такого совершенствования на основании согласования различных точек зрения и выработки консенсуса.

9. Экосистема OSTIS



Технология OSTIS реализуется в виде **социо-технической экосистемы**, которая представляет собой коллектив

- взаимодействующих *ostis-систем*, **постоянно** поддерживающих совместимость друг с другом (согласование совместно используемых понятий, а также знаний и навыков)
- пользователей указанных *ostis-систем*
- некоторых компьютерных систем, не являющихся *ostis-системами*, но рассматриваемых ими в качестве дополнительных информационных ресурсов или сервисов

Таким образом, каждая *ostis-система*:

- может вступать в кооперацию с любыми другими *ostis-системами*, входящими в **Экосистему OSTIS** при решении задач, с которыми она не может справиться самостоятельно
- сама заботится о совместимости со всеми *ostis-системами*, входящими в **Экосистему OSTIS**

9.+ Экосистема OSTIS



Экосистема OSTIS является формой реализации, совершенствования и применения *Технологии OSTIS* и, следовательно, является формой создания, развития, самоорганизации рынка семантически совместимых компьютерных систем и включает в себя все необходимые для этого ресурсы - информационные, технологические, кадровые, организационные, инфраструктурные.

9.1. Задачи Экосистемы OSTIS



Основное назначение *Экосистемы OSTIS* – обеспечить совместимость компьютерных систем, входящих в *Экосистему OSTIS* как на этапе их разработки, так и в ходе их эксплуатации.

Задачи Экосистемы OSTIS:

- оперативное внедрение всех согласованных изменений стандарта *ostis-систем* (в том числе, и изменений систем используемых понятий и соответствующих им терминов);
- перманентная поддержка высокого уровня взаимопонимания всех систем, входящих в *Экосистему OSTIS*, и всех их пользователей;
- корпоративное решение различных сложных задач, требующих координации деятельности нескольких(чаще всего, априори неизвестных) *ostis-систем*, а также, возможно, некоторых пользователей.

9.2. Поддержка совместимости в Экосистеме OSTIS



Два аспекта поддержки совместимости (взаимопонимания) в Экосистеме OSTIS:

- поддержка совместимости между *ostis-системами*, входящими в Экосистему OSTIS
- поддержка совместимости и взаимопонимания между *ostis-системами*, входящими в Экосистему OSTIS, и их пользователями при активном стимулировании со стороны Экосистемы OSTIS того, чтобы каждый пользователь Экосистемы OSTIS был одновременно не только активным ее конечным пользователем, но и активным ее разработчиком

9.3. Поддержка совместимости *Экосистемы OSTIS* с ее пользователями



Одним из направлений обеспечения такой совместимости является стремление к тому, чтобы *база знаний* каждого пользователя стала частью *Объединенной базы знаний Экосистемы OSTIS*.

Это значит, что каждый пользователь должен знать, как устроена структура каждой научно-технической дисциплины (объекты исследования, предметы исследования, определения, закономерности и т.д.), как могут быть связаны между собой различные дисциплины.

9.4. Требования к пользователям *Экосистемы OSTIS*



Пользователи и, первую очередь, разработчики *Экосистемы OSTIS* должны иметь высокий уровень:

- математической культуры (культуры формализации)
- системной культуры, позволяющей адекватно оценивать качество разрабатываемых систем с точки зрения общей теории систем и, в частности, оценивать общий уровень автоматизации, реализуемый с помощью этих систем
- технологической культуры, обеспечивающей совместимость разрабатываемых систем и их компонентов
- умения работать в команде разработчиков наукоемких систем
- активности и ответственности за общий результат - высокие темпы эволюции *Экосистемы OSTIS* в целом

9.5. Основные системы, входящие в состав Экосистемы OSTIS



- *Метасистема IMS.ostis*
- Семейство универсальных интерпретаторов семантических моделей компьютерных систем
 - Интерпретатор, программно реализованный на современных компьютерах
 - Семантический ассоциативный компьютер
- Встраиваемая система коллективной разработки смысловых баз знаний
- Порталы научных знаний

10. *Метасистема IMS.ostis*



- *Метасистема IMS.ostis* является в *Экосистеме OSTIS* **ключевой** интеллектуальной системой, которая поддерживает не только проектирование новых интеллектуальных систем и не только замену устаревших компонентов в интеллектуальных системах, входящих в состав *Экосистемы OSTIS*, но и включение (интеграцию) в состав *Экосистемы OSTIS* новых создаваемых интеллектуальных систем.
- *Метасистема IMS.ostis* ориентирована на разработку и практическое внедрение методов и средств компонентного проектирования семантически совместимых интеллектуальных систем, которая предоставляет возможность быстрого создания интеллектуальных приложений различного назначения.

10.1. Состав базы знаний

Метасистемы IMS.ostis



База знаний *Метасистемы IMS.ostis* включает в себя:

- текущее состояние моделей и методов, используемых при разработке интеллектуальных систем с помощью *Метасистемы IMS.ostis*;
- систематизированную библиотеку многократно используемых и совместимых компонентов интеллектуальных систем;
- описание инструментальных средств проектирования различного вида компонентов интеллектуальных систем (фрагментов баз знаний, решателей задач, пользовательских интерфейсов);
- описание средств координации коллективной деятельности, направленной на постоянное развитие *Метасистемы IMS.ostis*;
- описание истории эволюции *Метасистемы IMS.ostis*;
- описание средств проектирования различных классов интеллектуальных систем.

10.2. Структура разрабатываемых *ostis-систем*



Архитектура компьютерных систем, разрабатываемых по *Технологии OSTIS* четко стратифицирована на две подсистемы:

- *базу знаний*, которая представляет собой полную семантическую модель интеллектуальной системы (которую будем называть *SC-моделью* интеллектуальной системы или *SC-моделью* базы знаний интеллектуальной системы, так как она оформляется в виде связной знаковой конструкции, принадлежащей *SC-коду* – базовому языку внутреннего смыслового представления знаний в памяти *ostis-систем*);
- базовый универсальный интерпретатор семантической модели интеллектуальной системы, хранимой в ее памяти (интерпретатор *SC-модели* базы знаний интеллектуальной системы).

10.3. Особенность разработки *ostis-систем*



Таким образом, разработка *ostis-системы* сводится к проектированию *sc-модели ее базы знаний*, которая включает в себя:

- *sc-модель интегрированного решателя задач ostis-системы*, которая, в свою очередь, включает в себя:
 - *sc-модели* классов решаемых задач (в частности, хранимые программы языков высокого уровня)
 - *scr-программы* агентов обработки знаний
- *sc-модель интегрированного интерфейса ostis-системы*, который представляет собой встроенную *ostis-систему*, ориентированную на решение интерфейсных задач, связанных с обеспечением непосредственного взаимодействия *ostis-системы* с внешней средой (как невербального рецепторно-эффекторного взаимодействия, так и вербального взаимодействия с пользователями, с другими *ostis-системами*, с иными компьютерными системами).

11. Семейство различных вариантов реализации универсального интерпретатора семантических моделей компьютерных систем



Реализация *универсального интерпретатора sc-моделей компьютерных систем* может иметь большое число вариантов – как программно, так и аппаратно реализованных.

Логическая архитектура *универсального интерпретатора sc-моделей компьютерных систем* обеспечивает независимость проектируемых компьютерных систем от многообразия вариантов реализации интерпретатора их моделей и включает в себя:

- *смысловую графовую ассоциативную память* (sc-память, sc-хранилище знаковых конструкций, представленных SC-коде);
- *интерпретатор языка SCP* - базового процедурного языка программирования, ориентированного на обработку текстов SC-кода, хранимых в *смысловой графовой ассоциативной памяти*.

11.1. Семантический ассоциативный компьютер



Принципы:

- нелинейная память
- структурно перестраиваемая (реконфигурируемая) память
- в качестве внутреннего способа кодирования знаний, хранимых в памяти семантического ассоциативного компьютера, используется универсальный (!) способ нелинейного (графоподобного) смыслового представления знаний (*SC-код*)
- обработка информации осуществляется коллективом агентов, работающих над общей памятью, и реагирующих на соответствующие им ситуации или события в памяти
- есть программно реализуемые агенты, поведение которых описывается хранимыми в памяти агентно-ориентированными программами, и есть базовые агенты, которые не могут быть реализованы программно
- все агенты работают над общей памятью одновременно
- процессор семантического ассоциативного компьютера равномерно "распределен" по его памяти так, что процессорные элементы одновременно являются и элементами памяти компьютера. Обработка информации сводится к реконфигурации каналов связи между процессорными элементами, следовательно, память такого компьютера есть не что иное, как коммутатор (!) указанных каналов связи. Таким образом, текущее состояние конфигурации этих каналов связи и есть текущее состояние обрабатываемой информации.

12. Встраиваемая интеллектуальная система коллективной разработки смысловых баз знаний



осуществляет:

- автоматизацию проектной деятельности разработчиков
- мониторинг деятельности каждого участника процесса проектирования баз знаний
- контроль версий проектируемой базы знаний, реализацию необходимых возвратов к предшествующим версиям
- контроль исполнительской дисциплины
- анализ текущего состояния и динамики процесса проектирования, выявление критических ситуаций
- семантический анализ корректности результатов проектных работ всех участников
- оценку объема и значимости деятельности каждого участника проекта
- оценку текущего состояния и динамики развития квалификационного портрета каждого участника проекта
- формирование рекомендаций по повышению квалификации каждого участника проекта
- контроль качества (непротиворечивости, целостности, полноты, чистоты) текущего состояния проектируемой и совершенствуемой базы знаний

13. Порталы научных знаний, обеспечивающие формализацию междисциплинарных связей



Совместимые порталы научных знаний, реализованные в виде *ostis-систем*, входящих в *Экосистему OSTIS*, являются основой **новых принципов организации научной деятельности**, в которой

- результатами этой деятельности являются не статьи, монографии, отчеты и другие научно-технические документы, а фрагменты глобальной базы знаний, разработчиками которых являются свободно формируемые научные коллективы, состоящие из специалистов в соответствующих научных дисциплинах,
- с помощью порталов научных знаний осуществляется
 - координация процесса рецензирования новой научно-технической информации, поступающей от научных работников в базы знаний этих порталов,
 - процесс согласования различных точек зрения ученых (в частности, введение и семантическая корректировка понятий, а также введение и корректировка терминов, соответствующих различным сущностям).

14. Заключение



Основными направлениями решения проблемы информационной совместимости компьютерных систем являются:

- ***семантическая информационная технология***, в основе которой лежит смысловое представление информации в памяти компьютерных систем
- ***самоорганизующаяся экосистема***, поддерживающая эволюцию и совместимость компьютерных систем, построенных по семантической информационной технологии, в ходе эксплуатации этих систем

Таким образом, текущий этап развития традиционных и интеллектуальных информационных технологий знаменует переход от современных информационных технологий к ***семантическим информационным технологиям*** и к соответствующей самоорганизующейся экосистеме, состоящей из ***семантических компьютерных систем***.

Эпицентром текущего этапа развития информационных технологий является **обеспечение и самообеспечение** информационной **совместимости** компьютерных систем и согласованности их функционирования.

14.+ Заключение



Темпы развития *семантических информационных технологий*, а также рынка прикладных *семантических компьютерных систем* в первую очередь **зависят от числа специалистов**, принимающих участие в развитии этих технологий и в расширении многообразия их приложений.

Наиболее результативной формой достижения этих целей являются **открытые проекты** и, прежде всего, открытый проект развития *Метасистемы IMS.ostis*, предоставляющий возможность каждому желающему внести свой вклад в развитие семантических информационных технологий.

См. также Проекты Белорусского объединения специалистов в области искусственного интеллекта (<http://baai.org.by>)



Голенков Владимир Васильевич

д.т.н., профессор

Кафедра интеллектуальных информационных
технологий

БГУИР, г. Минск, Республика Беларусь

<http://conf.ostis.net>

<http://ims.ostis.net>

<http://baai.org.by>

<http://iit.bsuir.by>

golen@bsuir.by