Концептуальное моделирование предметных областей

для решения задач над данными

План лекции

- Мотивация курса
- Разновидности организации концептуальной информации
- История и перспективы концептуального моделирования
- Стек семантических технологий
- Содержание курса
- Организационные вопросы

Мотивация курса

- Определение семантики данных для решения задач над ними
- Абстрактные спецификации в основе представления данных и манипулирования ими
- Решение проблем неоднородности данных при решении задач
- Взаимодействие сообществ исследователей
- Автоматизация работы с данными

Недостатки используемых технологий

- Web-технологии, ориентированные на сайты
  - Разметка данных, рассчитанная на стиль визуального представления
  - Текстовая информация
  - Социально-ориентированное содержимое
  - Интерактивные сервисы, социальные сети
- Неструктурированная или слабоструктурированная информация
  - Рассчитана на человека, а не на обработку машиной
  - Поиск информации сложен, эвристические подходы невысокой точности и полноты
- Непостоянство
  - Неконтролируемость и хаотичное появление и исчезновение информации
- Неоднородность
  - Большие объёмы неоднородной информации
  - Неидентифицируемые объекты
  - Большое количество семантически неоднородных источников данных
- Нетривиальность задач
  - Автоматизация обработки информации
  - Интеллектуальные интерактивные сервисы
  - Распределённые и рассредоточенные информационные системы
  - Горизонтальное масштабирование

Пути решения

- Выработка общих словарей и семантики терминов в предметных областях
  - Взаимодействие с исследовательскими группами
  - Взаимодействие специалистов предметных областей и специалистов в информационных технологиях и науке о данных
- Концептуальное моделирование предметных областей
  - Согласование понятий и семантики сущностей в предметной области
  - Связывание данных, объектов и реализаций методов с определённой семантикой предметной области
- Семантическая интероперабельность информационных ресурсов
  - Интеграция неоднородных информационных ресурсов средствами однородных описаний предметной области
  - Однородное представление информации в предметной области
- Понятные машине спецификации
  - Возможность автоматического вывода
- Курирование научных данных, обеспечение повторного использования результатов, воспроизводимости экспериментов
  - Возможность использования наработок и представления результатов в пригодном для использования виде
- Создание исследовательских сообществ в предметных областях
  - Развитие стандартов, накопление релевантных ресурсов

История семантического моделирования (1)

- Исследование концептуального моделирования (60-70 гг.)
  - Модели данных
  - Концептуальные схемы
  - Реляционная модель
  - ER-модель данных: сущности и связи (Чен, 1976 г.)
- Семантические модели данных (70-80 гг.)
  - Семантические сети
  - Логическое программирование
    - Prolog
  - Дедуктивные базы данных
    - Базы данных + логический вывод + декларативные запросы
    - Datalog, F-logic
- Развитие языков спецификаций (90-е гг.)
  - KIF – формат обмена знаниями, логика первого порядка
  - СИНТЕЗ – отечественная разработка
  - RDF – формат описания ресурсов
- Развитие логик описаний (90-е гг.)
  - Kl-One, Loom, Classic (ALCNR)
  - Автоматизация задачи включения между двумя классами объектов
- Онтологии (90-е гг.)
  - Ontolingua
  - Использование дескриптивных логик в онтологиях
  - OIL, OWL (SHOIN)

Развитие семантического моделирования (2)

- Интеллектуальные агенты
  - Мобильная программа или модель, обеспечивающая обработку на стороне данных
  - Использование автоматического вывода на основе различных логик
- Концепция семантического веба (2000-е годы)
  - Базис на RDF, OWL и языках правил (2001)
  - Исследования сложности моделей OWL, создание OWL 2 (2009)
  - Развитие языков правил SWRL (2004), RIF (2009)
- Когнитивные технологии (2010-ые)
  - Машинное и глубокое обучение
  - IBM Watson
- Инфраструктуры исследовательских данных
  - Обеспечение доступа к коллекциям данных в различных дисциплинах
  - Сервисы поиска, обработки данных, вычислительных ресурсов
- Принципы достижения интероперабельности и повторного использования данных
  - Руководящие принципы, ведущие к решению проблем неоднородности данных и их автоматизированной обработки
- Интернет вещей
  - До сих пор слабо использует семантические технологии
- Нейронет?
  - Взаимодействие живых организмов и интеллектуальных агентов на основе нейрокоммуникации

Определения для работы с семантикой данных

- Семантика
  - Изучение значения единиц языка (естественного, искусственного)
- Формальная семантика
  - Интерпретации языков путём их формального описания в математических терминах.
- Понятие
  - мысленное представление, используемое для классификации сущностей мира по некоторым признакам, которое рассматривается как эквивалент сущности для некоторых целей
- Концептуализация
  - процесс осмысления предметной области, формирования понятий для идентификации и классификации сущностей
  - результат концептуализации как процесса
- Модель
  - Абстрактное, отвлечённое от реальности представление, отражающее наиболее общие свойства объектов
- Концептуальная модель предметной области
  - абстрактное описание предметной области, независимое от аспектов реализации систем, в рамках которых оно используется, определяющее концептуальную структуру и поведение сущностей в предметной области
- Модель данных
  - совокупность языков определения данных и манипулирования данными
- Концептуальная схема
  - формальное описание концептуальной модели предметной области средствами языка концептуального моделирования
- Декларативная спецификация
  - описание предмета или требуемого результата с помощью его свойств и ограничений
  - В отличие от императивной спецификации, описывающей алгоритм получения результата
- Представление знаний
  - структурирование знаний с целью формализации процессов решения задач в определенной предметной области
  - В базах знаний используются декларативные подходы к спецификации задач

Основные для этого курса средства спецификации

- Модель требований
  - Декомпозиция постановки задач на подзадачи
  - Операционализация требований
- Онтология
  - Явным образом определённая спецификация концептуализации
  - Формальное представление множества понятий предметной области и связей между этими понятиями
  - Словарь предметной области, содержащий точные определения или аксиомы, ограничивающие смысл терминов
  - Онтология = словарь предметной области + логическая теория
- Концептуальная схема
  - Определение структур, типов и поведения объектов предметной области
  - Абстрактное представление данных в предметной области
- Поток работ
  - Спецификация процесса решения задачи с использованием структур данных с помощью определения порядка, условий и ограничений вызова методов

Различие онтологий и концептуальных схем

Концептуальные схемы

- Представление структур данных и их поведения
- Абстрактное представление данных
- Соглашение разработчиков о представлении данных
- Гипотеза замкнутого мира
- Экземпляр – данные, относящиеся к определённому объекту
- Для работы с системами

Онтологии

- Теория предметной области
- Наиболее общие свойства понятий
- Соглашение сообщества о трактовке и использовании понятий
- Гипотеза открытого мира
- Экземпляр – отнесение объекта к понятию предметной области
- Общедоступны

Виды организации терминов и понятий

- Словарь
  - список слов или терминов естественного или искусственного языка
  - список всех слов, используемых в документе или коллекции документов
  - набор слов, известных или используемых агентом (человеком или компьютером)
- Глоссарий
  - список терминов предметной области с вербальными определениями
- Тезаурус
  - словарь, дополненный информацией о синонимах, омонимах, родовидовых связей терминов, отношениях части/целого, ассоциативно связанных терминах
- Иерархия
  - множество сущностей, частично упорядоченное в соответствии с некоторым отношением
- Система классификации
  - отнесение объектов к группам (классам) по некоторому критерию
  - Класс – множество однотипных объектов или объектов с общим свойством
- Таксономия
  - упорядоченная (обычно иерархическая) система классификации
- Рубрикатор
  - иерархическая система классификации, предназначенная для систематизации информационных фондов, массивов или изданий

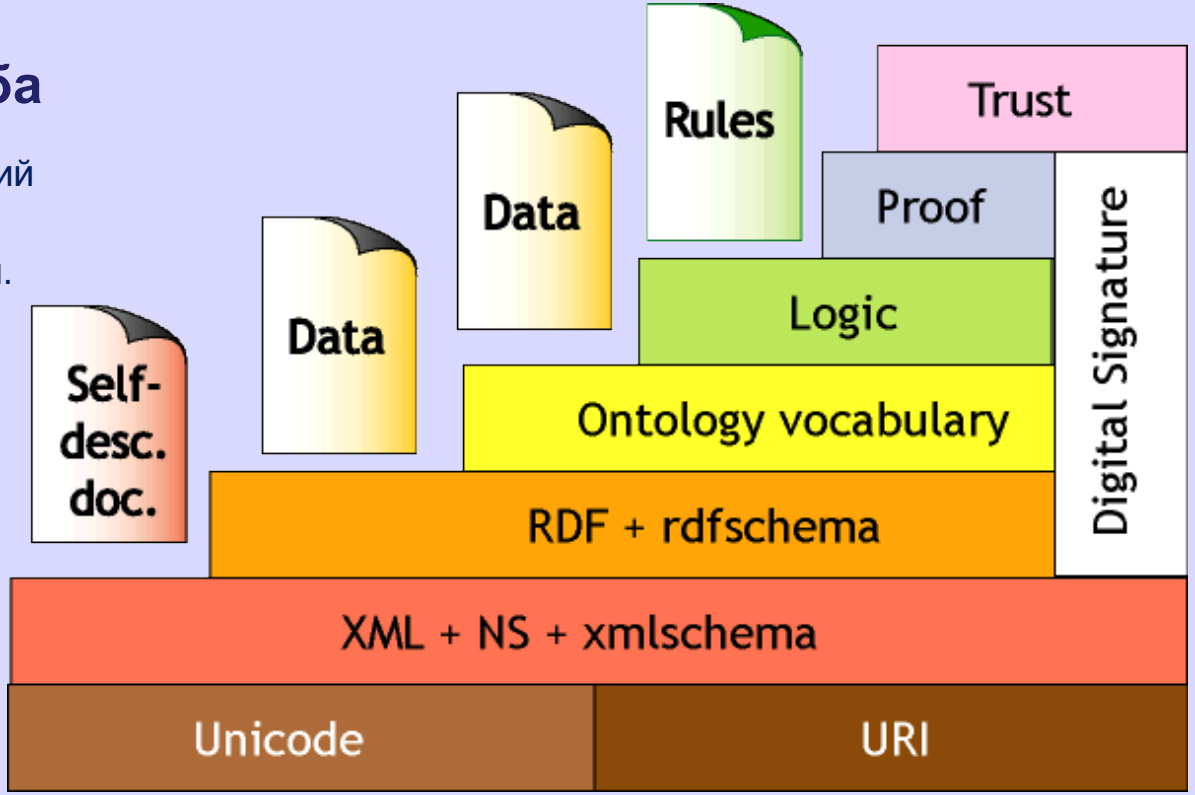
Требования к семантическому вебу

- Идентификация ресурсов, мест, агентов
  - Использование глобальных идентификаторов
- Семантическая интероперабельность приложений
  - Веб данных, существующих вне рамок приложений
  - Общие словари понятий, общедоступная (shared) семантика
  - Развитие методов идентификации понятий
- Данные, снабжённые семантикой
  - Семантическая разметка данных вместо разметки стиля
- Возможность машинной обработки данных и автоматического решения задач
  - Формальность и декларативность моделей данных
  - Развитие методов автоматического вывода
  - Учёт сложности и разрешимости определённых задач в моделях
- Семантический веб
  - «Семантический веб является вебом информации, требующей действий над ней – информации, полученной из данных на основе семантической теории для интерпретации символов»
  - «Семантическая теория обеспечивает учет смысла, при котором логическая связь терминов устанавливает интероперабельность систем»

Архитектура семантического веба

Стек семантических технологий семантического веба

Слоёный пирог Т. Бернерс-Ли.



Уровни архитектуры семантического веба

- Уровень RDF-Schema
  - Идентификация ресурсов (URI)
  - Минимальная модель данных для определения ресурсов
  - Семантика ресурсов
- Уровень онтологии
  - Средства описания семантики понятий
  - Общедоступные описания концептуализации
- Уровень логики
  - Логический вывод
  - Логическое программирование
- Уровень доказательств и надёжности данных
  - Цифровые подписи
  - Криптография
  - Происхождение данных

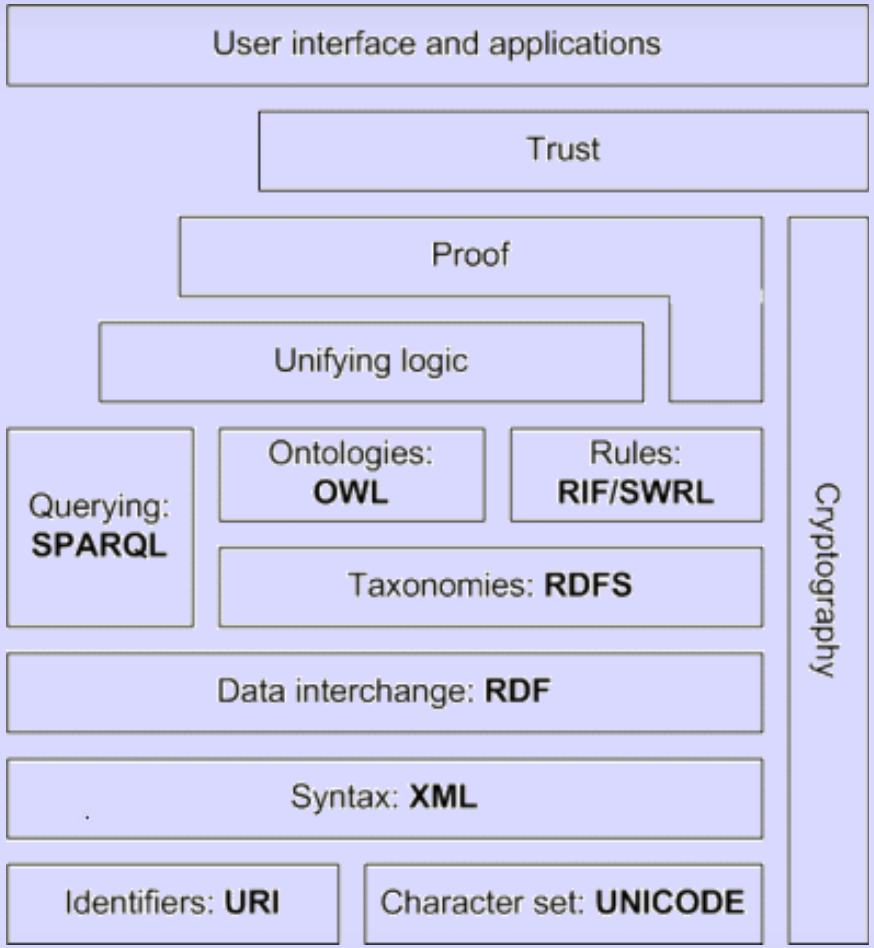
Принятые стандарты семантического веба

- RDF (Resource Description Framework)
  - Тройки субъект-предикат-объект
- RDF-Schema (2004)
  - Классы (множества), свойства (отношения), иерархии классов и свойств, области определения и значения свойств и др.
- RDFa (RDF in Attributes)
  - Подход к семантической разметке для HTML
- SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language)
  - Язык запросов к RDF-тройкам
- OWL (Web Ontology Language)
  - Язык спецификации онтологий, основанный на дескриптивной логике SHOIN
- OWL 2
  - Три профиля, основанные на разных дескриптивных логиках с разными наборами разрешимых задач
- SWRL (Semantic Web Rule Language)
  - OWL + RuleML (datalog-подобный язык правил над классами и свойствами OWL)
- RIF (Rule Interchange Format)
  - Спецификации диалектов правил с различной семантиков
- PROV (Provenance)
  - Происхождение данных

Примеры спецификаций

- RDF
  - :Jack rdf:type :Man
    :Jack :hasParent :Sammy
  - :Jack :hasParent :Suzie
  - :Jack :hasSister :Suzie
- RDFS
  - :hasParent rdfs:domain :Person
  - :hasParent rdfs:range :Person
- OWL
  - Class (:Person
    SubClassOf(ObjectExactCardinality(1 :hasParent :Man))
    SubClassOf(ObjectExactCardinality(1 :hasParent :Woman))
)
    SubObjectPropertyOf(:hasFather :hasParent)
    InverseObjectProperties(:hasParent :hasChild)
    DisjointClasses(:Woman :Man)
- SPARQL
  - SELECT ?x1 ?x3
    WHERE {
    ?x1 rdf:type :Person .
    ?x1 :hasParent ?x2 .
    ?x2 :hasBrother ?x3 .
    }
- SWRL
  - hasAncle (?x1, ?x3) ← hasParent (?x1, ?x2) ^ hasBrother (?x2,?x3)

Архитектура и стандарты языков



Решение задач над концептуальными схемами

- Построение модели требований задачи
- Концептуализация предметной области
- Построение онтологии предметной области / задачи
- Построение концептуальной схемы предметной области / задачи
- Построение потока работ для решения задачи
- Публикация результатов

Онтологическое моделирование предметных областей
Описание структуры объектов в концептуальных схемах
Описание поведения объектов в концептуальных схемах
Обеспечение интероперабельности данных и их повторного использования
Некоторые семантические технологии

Состав курса

Онтологическое моделирование

- Языки концептуальных описаний
  - Логики описания
  - Принципы логического вывода на основе понятий
- Языки семантического веба
  - RDF, OWL, SPARQL
- Принципы описания предметных областей и понятий разной природы
- Общедоступные онтологии, согласование онтологий
- Метаданные, семантическое аннотирование объектов, происхождение данных

Концептуальные схемы

- Модели требований
- Описание структур данных и объектов
- Язык UML
- Описание декларативных методов
- Языки правил
- Потоки работ, язык BPMN
- Интеграция схем и отождествления объектов
- Описания открытого и закрытого мира

Обеспечение интероперабельности

- Интероперабельность и повторное использование данных
- Коллекции ресурсов данных, методов, потоков работ
- Инфраструктуры исследовательских данных и работа в исследовательских сообществах
- Руководящие принципы обеспечения интероперабельности и повторного использования данных
- Жизненный цикл решения исследовательских задач над данными
- Спецификации происхождения данных
- Публикация результатов исследований

Некоторые семантические технологии

- Открытые связанные данные (LOD)
- Доступ к данным, основанный на онтологиях (OBDA)
- Онтологические языки спецификации сервисов (OWL-S)
- Спецификации повторно используемых потоков работ (RO-Crate)

Самостоятельная работа

- Описание предметной области исследования, проводимого в магистерской работе
  - Постановка задачи
  - Определение существенных терминов
  - Моделирование предметной области
  - Построение концептуальной схемы предметной области
  - Возможно, отображение в неё исходных данных
- Для того, чтобы способствовать написанию магистерских работ и статей

Организационные вопросы

- Скворцов Николай Алексеевич
  - Институт проблем информатики ФИЦ ИУ РАН
  - nskv@mail.ru
  - +79261355404
- Занятия по вторникам в 15:30 в аудитории 597 ВМК МГУ
  - Лекции и практические занятия
- Самостоятельная работа
  - Описание предметной области магистерского исследования
- Материалы будут выкладываться в eclass
  - https://eclass.cmc.msu.ru/course/view.php?id=131
- Отчётность в конце семестра
  - Экзамен с вопросами по лекциям
  - Самостоятельная работа для автомата