Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова

Факультет: **Математической экономики и информатики**

Кафедра**Информатики**

**Направление: 230700** «**Прикладная информатика»**

**Магистерская программа: Информационная бизнес-аналитика**

**О Т Ч Е Т**

**по производственной и научно-исследовательской практикам**

Выполнил студент гр. 429

Шамсиев Артур Айдарович

###### \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

###### Проверили:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*(должность, ФИО руководителя от предприятия)*

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*(оценка) (подпись)*

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

МП *(дата)*

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*(должность, ФИО руководителя от кафедры)*

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*(оценка) (подпись)*

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*

*(дата)*

**Москва**

**2015**

# Введение

В основе исследований в области искусственного интеллекта лежит подход, связанный со знаниями. Опора на знания — базовая парадигма искусственного интеллекта и экспертных систем. Как и многие фундаментальные научные категории (например, алгоритм, интеллект, деятельность и т. д.), понятие «знание» относится к интуитивно определяемым. В Большой Советской Энциклопедии дается следующее его толкование: «Знание — проверенный практикой результат познания действительности, верное ее отражение в сознании человека. Знания бывают житейскими, донаучными, художественными, научными (теоретическими и эмпирическими)». Знания о некоторой предметной области представляют собой совокупность сведений об объектах этой предметной области, их существенных свойствах и связывающих их отношениях, процессах, протекающих в данной предметной области, а также методах анализа, возникающих в ней ситуаций и способах разрешения, ассоциируемых с ними проблем.

В «Словаре русского языка» Ожегова знание определяется как «постижение действительности сознанием» и «совокупность сведений, познаний в какой-нибудь области». Интерпретация знаний как «совокупности сведений, образующих целостное описание, соответствующее некоторому уровню осведомленности об описываемом вопросе, предмете, проблеме и т. д.» дана в толковом словаре искусственного интеллекта. Семантические сети же являются моделью представления знаний.

Семантическая сеть – это [информационная модель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C) [предметной области](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C) (domain model), имеющая вид ориентированного [графа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D1%84_%28%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29), вершины которого соответствуют сущностям (объектам) предметной области, а дуги (рёбра) задают отношения между ними и называются предикатами. Объектами могут быть понятия, события, свойства, процессы, ресурсы, документы. Таким образом, семантическая сеть является одним из способов [представления знаний](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9). В названии соединены термины из двух наук: [семантика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) в языкознании изучает смысл единиц языка, а сеть в математике представляет собой разновидность [графа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D1%84_%28%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) — набора вершин, соединённых ребрами которым присвоено некоторое число. В семантической сети роль вершин выполняют [понятия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%B5) базы знаний, а дуги (причем направленные) задают [отношения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) между ними. Таким образом, семантическая сеть отражает семантику предметной области в виде понятий и отношений.

Неправильно приравнивать друг другу понятия «Семантическая сеть» (Semantic Network) и «[Семантическая паутина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D1%83%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0)» (Semantic Web). Семантическая паутина является частным случаем семантической сети, а именно семантической сетью, вершины графа которой представляют собой веб ресурсы в сети интернет и описанные на языке RDF или OWL.

# История развития идеи

Идея систематизации знаний на основе каких-либо семантических отношений предлагалась учеными еще до начала научно технической революции. Примером этого может служить [биологическая классификация](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) [Карла Линнея](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B9,_%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BB) [1735 года.](https://ru.wikipedia.org/wiki/1735) Если рассматривать её как семантическую сеть, то в данной классификации используется отношение подмножества, современное [AKO](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=AKO&action=edit&redlink=1) (от англ. «A Kind Of», «разновидность, экземпляр»). Такое отношение еще называют «IsA»

Прародителями современных семантических сетей можно считать [экзистенциальные графы](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BA%D0%B7%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84&action=edit&redlink=1), предложенные [Чарльзом Пирсом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D1%80%D1%81,_%D0%A7%D0%B0%D1%80%D0%BB%D1%8C%D0%B7_%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D1%80%D1%81) в [1909 г](https://ru.wikipedia.org/wiki/1909). Они использовались для представления [логических](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%BA%D0%B0) высказываний в виде особых диаграмм. Пирс назвал этот способ «логикой будущего».

Важным направлением в исследовании сетей стали работы немецкого психолога Отто Зельца 1913 и 1922 гг. В них для организации структур понятий и ассоциаций, а также изучения методов наследования свойств он использовал графы и семантические отношения. Исследователи [Дж. Андерсон](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%90%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%BD,_%D0%94%D0%B6%D0%BE%D0%BD_%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%82&action=edit&redlink=1) (1973), [Д. Норман](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BD,_%D0%94%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%B4) (1975) и другие использовали эти работы для моделирования человеческой памяти и интеллектуальных свойств.

Компьютерные семантические сети были детально разработаны Ричардом Риченсом в [1956 году](https://ru.wikipedia.org/wiki/1956_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) в рамках проекта Кембриджского центра изучения языка по [машинному переводу](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4). Процесс машинного перевода подразделяется на две части: перевод исходного текста в промежуточную форму представления, а затем эта промежуточная форма транслируется на нужный язык. Такой промежуточной формой как раз и были семантические сети. В 1961 г. появилась работа [Мастерман](https://en.wikipedia.org/wiki/Margaret_Masterman), в которой она, в частности, определяла базовый словарь для 15000 понятий. Эти исследования были продолжены Робертом Симмонсом (1966), [Й. Уилксом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B8%D0%BB%D0%BA%D1%81,_%D0%99%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BA) (1972) и другими учёными.

Труды по семантическим сетям часто ссылаются на работу американского психолога Росса Квиллиана о «семантической памяти». В этой работе описываются так называемые ассоциативные карты памяти (Mind Map), которые имею структуру подобную семантической сети.

# Структура семантических сетей.

Математика позволяет описать большинство явлений в окружающем мире в виде логических высказываний. Семантические сети возникли как попытка визуализации математических формул. Основным представлением для семантической сети является [граф](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D1%84_%28%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29). Однако не стоит забывать, что за графическим изображением непременно стоит строгая математическая запись, и что обе эти формы отображают одно и то же.

##### Графическое представление

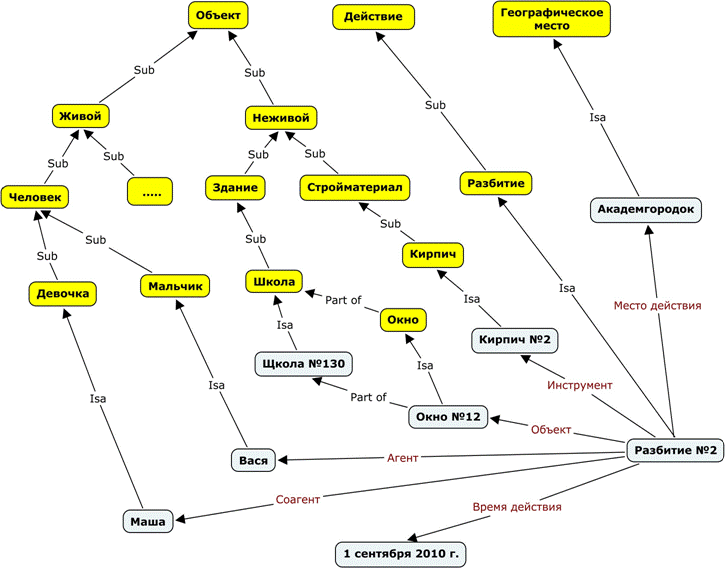
Основной формой представления семантической сети является граф. Понятия семантической сети записываются в овалах или прямоугольниках и соединяются стрелками с подписями — дугами. Это наиболее удобно воспринимаемая человеком форма. Её недостатки проявляются, когда мы начинаем строить более сложные сети или пытаемся учесть особенности естественного языка. Даже для небольших сетей размер графического изображения получается слишком большим и практически нечитаемым. Схемы семантических сетей, на которых указаны направления навигационных отношений, называют картами знаний, а их совокупность, позволяющая охватить большие участки семантической сети, атласом знания. 

Рисунок 1. Пример графического представления семантического графа

##### Математическая запись

В математике [граф](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D1%84_%28%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) представляется множеством вершин V и множеством отношений между ними E. Используя аппарат математической логики, приходим к выводу, что каждая вершина соответствует элементу предметного множества, а дуга — [предикату](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82).

##### Лингвистическая запись

В лингвистике отношения фиксируются в словарях и в [тезаурусах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B0%D1%83%D1%80%D1%83%D1%81). В словарях в определениях через род и видовое отличие родовое понятие занимает определённое место. В тезаурусах в статье каждого термина могут быть указаны все возможные его связи с другими родственными по теме терминами. От таких тезаурусов необходимо отличать тезаурусы информационно- поисковые с перечнями ключевых слов в статьях, которые предназначены для работы дескрипторных поисковых систем.

##### Семантические отношения

Количество типов отношений в семантической сети определяется её создателем, исходя из конкретных целей. В реальном мире их число стремится к бесконечности. Каждое отношение является, по сути, предикатом, простым или составным. Скорость работы с базой знаний зависит от того, насколько эффективно реализованы программы обработки нужных отношений.

###### Иерархические

Наиболее часто возникает потребность в описании отношений между элементами, множествами и частями объектов. Отношение между объектом и множеством, обозначающим, что объект принадлежит этому множеству, называется отношением классификации (ISA). Говорят, что множество (класс) классифицирует свои экземпляры. (пример: «Шарик является собакой» = Шарик является объектом типа собака). Иногда это отношение именуют также MemberOf, InstanceOf или подобным образом. Связь ISA предполагает, что свойства объекта наследуются от множества. Обратное к ISA отношение используется для обозначения примеров, поэтому так и называется — «Example», или по-русски «Пример». Иерархические отношения образуют [древовидную структуру](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0).

Отношение между надмножеством и подмножеством (называется AKO — «A Kind Of», «разновидность»). (Пример: «собака является животным» = тип с именем собака является подтипом типа животные). Элемент подмножества называется [гипонимом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BC) (собака), а надмножества — [гиперонимом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BC) (животное), а само отношение называется отношением гипонимии. Альтернативные названия — «SubsetOf» и «Подмножество». Это отношение определяет, что каждый элемент первого множества входит и во второе (выполняется ISA для каждого элемента), а также логическую связь между самими подмножествами: что первое не больше второго и свойства первого множества наследуются вторым. Отношение АКО (Род-Вид) часто используется для навигации в информационном пространстве.

Объект, как правило, состоит из нескольких частей, или элементов. Например, компьютер состоит из системного блока, монитора, клавиатуры, мыши и т. д. Важным отношением является HasPart, описывающее связь частей и целого — отношение меронимии. В этом случае свойства первого множества не наследуются вторым. [Мероним и холоним](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BC_%D0%B8_%D1%85%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BC) — противоположные понятия:

Мероним — объект, являющийся частью для другого. (Двигатель — мероним автомобиля.)

Холоним — объект, который включает в себя другое. (Например, у дома есть крыша. Дом — холоним крыши. Компьютер — холоним монитора.)

Часто в семантических сетях требуется определить отношения [синонимии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BC) и [антонимии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BC). Эти связи либо дублируются явно в самой сети, либо определяются алгоритмической составляющей.

###### Вспомогательные

В семантических сетях часто используются также следующие отношения:

функциональные связи (определяемые обычно глаголами «производит», «влияет»…);

количественные (больше, меньше, равно…);

пространственные (далеко от, близко от, за, под, над…);

временные (раньше, позже, в течение…);

атрибутивные (иметь свойство, иметь значение);

логические (И, ИЛИ, НЕ);

лингвистические.

Этот список может сколь угодно продолжаться: в реальном мире количество отношений огромно. Например, между понятиями может использоваться отношение «совершенно разные вещи» или подобное: Не\_имеют\_отношения\_друг\_к\_другу (Солнце, Кухонный\_чайник).

# Семантическая паутина

Концепция организации [гипертекста](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82) напоминает однородную бинарную семантическую сеть, однако здесь есть существенное отличие:

Связь, осуществляемая гиперссылкой, не имеет семантики, то есть не описывает смысла этой связи. Назначение семантической сети состоит в том, чтобы описать взаимосвязи объектов, а не дополнительную информацию по предметной области. Человек может разобраться, зачем нужна та или иная гиперссылка, но компьютеру эта связь не понятна.

Страницы, связываемые гиперссылками, являются документами, описывающими, как правило, проблемную ситуацию в целом. В семантической сети вершины (то, что связывают отношения) представляют собой понятия или объекты реального мира.

Попытка создания семантической сети на основе [Всемирной паутины](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D1%83%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0) получила название семантической паутины. Эта концепция подразумевает использование языка [RDF](https://ru.wikipedia.org/wiki/RDF) (языка описания структуры на основе [XML](https://ru.wikipedia.org/wiki/XML)) и призвана придать ссылкам и UNI адресам некий смысл, понятный [компьютерным](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80) системам. Это позволит превратить [Интернет](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82) в распределённую [базу знаний](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D0%B7%D0%B0_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9) глобального масштаба.

Семанти́ческая паути́на (Semantic Web) — это общедоступная глобальная [семантическая сеть](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C), формируемая на базе [Всемирной паутины](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D1%83%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0) путём стандартизации представления [информации](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F) существующий в сети в виде, пригодном для машинной обработки.

В обычной Всемирной паутине, основанной на [HTML](https://ru.wikipedia.org/wiki/HTML)-страницах, информация заложена в тексте страниц и предназначена для чтения и понимания человеком. Семантическая паутина состоит из машинно-читаемых элементов — узлов [семантической сети](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C), с опорой на [онтологии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%28%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29). Благодаря этому, программы-[клиенты](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82_%28%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) получают возможность непосредственно получать из интернета утверждения вида «предмет — вид взаимосвязи — другой предмет» и вычислять по ним [логические заключения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D0%B2%D0%BE%D0%B4_%28%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%81%D1%83%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29). Семантическая паутина работает параллельно с обычной Всемирной паутиной и на её основе, используя протокол [HTTP](https://ru.wikipedia.org/wiki/HTTP) и идентификаторы ресурсов [URI](https://ru.wikipedia.org/wiki/URI).

Название «Семантическая паутина» было впервые введено [сэром Тимом Бернерсом-Ли](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%81-%D0%9B%D0%B8,_%D0%A2%D0%B8%D0%BC) (изобретателем Всемирной паутины) еще в сентябре 1998 года, и называется им «следующим шагом в развитии Всемирной паутины». Позже в своём блоге он предложил в качестве синонима термин «гигантский глобальный граф» ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) giant global graph, GGG, по аналогии с WWW). Концепция семантической паутины была принята и в данный момент активно продвигается [консорциумом Всемирной паутины](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BE%D1%80%D1%86%D0%B8%D1%83%D0%BC_%D0%92%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%BF%D0%B0%D1%83%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%8B).

Семантическая паутина — это надстройка над существующей Всемирной паутиной, придуманная для того, чтобы сделать размещаемую в Интернете информацию пригодной для машинной обработки. Доступная в сети информация удобна для прочтения человеком. Семантическая паутина создана для того, чтобы сделать информацию пригодной для автоматического анализа, синтеза выводов и преобразования, как самих данных, так и сделанных на их основе заключений в различные представления, полезные на практике.

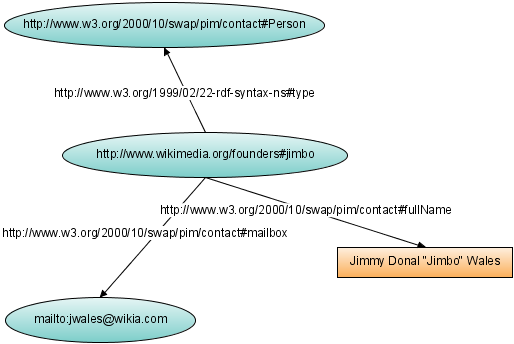


Рисунок 2. RDF граф

[Граф](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D1%84_%28%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) визитной карточки основателя [Википедии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%8F) в формате [RDF](https://ru.wikipedia.org/wiki/RDF). Элементы этого графа — как узлы, так и дуги (кроме литерала, изображённого в оранжевом прямоугольнике) — являются [URI](https://ru.wikipedia.org/wiki/URI).

Машинная обработка возможна благодаря двум характеристикам семантической паутины:

* наличию [URI](https://ru.wikipedia.org/wiki/URI);
* использованию [семантических сетей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C) и [онтологий](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%28%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29).

[URI](https://ru.wikipedia.org/wiki/URI) — унифицированный идентификатор ресурса или адрес, используемый для указания [ссылок](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B0) на какой-либо объект (например, [веб-документ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B1-%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0), [файл](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB) или ящик [электронной почты](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D1%87%D1%82%D0%B0)). URI используются для именования объектов. Каждый объект глобальной семантической сети имеет уникальный URI. URI однозначно называет некоторый объект. Отдельные URI создают не только для страниц, но и для объектов реального мира (людей, городов, художественных произведений и так далее), и даже для абстрактных понятий (например, «имя», «должность», «цвет»). Благодаря уникальности URI одни и те же предметы можно называть одинаково в разных местах семантической паутины. Используя URI, можно собирать информацию о одном предмете из разных мест. Рекомендуется включать в адрес URI название одного из протоколов Всемирной паутины ([HTTP](https://ru.wikipedia.org/wiki/HTTP) или [HTTPS](https://ru.wikipedia.org/wiki/HTTPS)). То есть адрес URI рекомендуют начинать с «http://» или «https://»). Такой адрес можно одновременно использовать как адрес [URI](https://ru.wikipedia.org/wiki/URI) и как адрес веб-страницы ([URL](https://ru.wikipedia.org/wiki/URL)). На веб-страницах, адреса URL которых совпадают с URI, W3C рекомендует размещать описание предмета. Описание желательно предоставлять в двух форматах:

* в формате, удобном для чтения человеком;
* в формате, удобном для чтения машиной.

##### Использование [семантических сетей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C) и [онтологий](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%28%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29).

Данные во Всемирной паутине, как правило, представлены в виде текста, записанного на [естественных языках](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA). Такие тексты предназначены для восприятия человеком, но машина может понять их смысл, используя один из методов [обработки естественного языка](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0_%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA%D0%B0). Методы выполняют [частотный](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7) анализ и/или [лексический](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7) анализ текста.

В качестве формата, удобного для чтения машиной, [W3C](https://ru.wikipedia.org/wiki/W3C) предлагает использовать [язык](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) [RDF](https://ru.wikipedia.org/wiki/RDF). Язык RDF позволяет описывать структуру семантической сети в виде [графа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D1%84_%28%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29). Каждому узлу и каждой дуге графа можно назначить отдельный URI. Утверждения, записанные на языке RDF, можно интерпретировать с помощью онтологий. Для создания и описания онтологий рекомендуют использовать [языки](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) [RDF Schema](https://en.wikipedia.org/wiki/RDF_Schema) и [OWL](https://ru.wikipedia.org/wiki/Web_Ontology_Language). Онтологии создаются для получения из данных [логических заключений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D0%B2%D0%BE%D0%B4_%28%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%81%D1%83%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%29). В основе онтологий лежат математические формализмы, определяемые дискрипционной логикой.

##### Архитектура семантической паутины

Техническую часть Семантической паутины составляет семейство стандартов на языки описания, включающее [XML](https://ru.wikipedia.org/wiki/XML), [XML Schema](https://ru.wikipedia.org/wiki/XML_Schema), [RDF](https://ru.wikipedia.org/wiki/RDF), [RDF Schema](https://ru.wikipedia.org/wiki/RDF_Schema), [OWL](https://ru.wikipedia.org/wiki/Web_Ontology_Language), а также некоторые другие. Располагая их в порядке повышения уровня абстракции, реализуемого тем или иным языком, получаем:

* [**XML**](https://ru.wikipedia.org/wiki/XML) предоставляет синтаксис для определения структуры документа, подлежащего машинной обработке. Синтаксис XML не несёт семантической нагрузки.
* [**XML Schema**](https://ru.wikipedia.org/wiki/XML_Schema) определяет ограничения на структуру XML-документа. Стандартный синтаксический анализатор языка XML в состоянии проверить произвольный XML-документ на соответствие его структуры так называемой схеме документа, описанной в XML Schema.
* [**RDF**](https://ru.wikipedia.org/wiki/RDF) представляет собой простой способ описания экземплярных данных в формате субъект-отношение-объект, в котором в качестве любого элемента этой тройки используются только идентификаторы ресурсов. Существует стандартизованное отображение этих троек на XML-документы предопределённой структуры (то есть консорциумом W3 определена схема XML-документов, содержащих RDF-описания), а также на другие форматы представления (например, в нотацию [N3](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_3)).
* [**RDF Schema**](https://ru.wikipedia.org/wiki/RDF_Schema) описывает набор атрибутов (здесь их точнее назвать отношениями), таких, как rdfs:Class, для определения новых типов RDF-данных. Языком поддерживается также отношение наследования типов rdfs:subClassOf.
* [**OWL**](https://ru.wikipedia.org/wiki/Web_Ontology_Language) расширяет возможности по описанию новых типов (в частности, добавлением [перечислений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%B8%D0%BF)), а также позволяет описывать новые типы данных RDF Schema в терминах уже существующих (например, определять тип, являющийся [пересечением](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%81%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2) или [объединением](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2) двух существующих).
* [**Микроданные (HTML microdata)**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5)— это международный стандарт семантической разметки HTML-страниц, с помощью атрибутов, описывающих смысл информации, содержащейся в тех или иных HTML-элементах. Такие атрибуты делают контент страниц машиночитаемым, то есть позволяют в автоматическом режиме находить и извлекать нужные данные.

# Семантические модели и их применения

Основной движущей идеей при создании семантических технологий явилась необходимость обеспечения «понимания» алгоритмами вычислительных машин смысла (семантики) данных. Таким образом, исходной задачей этих технологий была аналитика: обеспечение возможностей извлечения знаний из связанных наборов информации.  
По мере развития этих технологий, экспериментов по их применению в различных сферах, выяснилось, что они исключительно удобны для объединения (связывания) данных из различных по структуре источников. Отсюда возникло второе направление развития инструментов, основанных на идеях семантических сетей – интеграция информационных систем.  
Никакого противоречия между аналитическим и интеграционным применением семантики нет; напротив, они находятся в неразрывном единстве. Ведь целью интеграции, как правило, является извлечение каких-то новых знаний из объединенного набора – таких знаний, которые не могли быть получены из каждого источника в отдельности. Задача упрощения переноса информации из одной информационной системы в другую тоже может быть решена при помощи семантических технологий, но является, скорее, дополнительным бонусом от их развития.

В ряде сфер применения удалось добиться существенных прорывов с использованием семантических технологий анализа информации. Особенно убедительными являются эти успехи в сфере медицины и биотехнологий. Например, на семантических технологиях строятся базы, объединяющие сведения о медицинских препаратах и их действии, клинические истории, генетическую информацию. Анализ таких баз помогает исследователям создавать новые лекарства. Это отличный пример ситуации, когда реляционные базы данных не в состоянии адекватно отразить многообразие связей между информационными объектами, и предоставить инструменты для анализа этих связей – а семантические технологии могут. Также семантические базы данных используются в здравоохранении (для анализа распространения заболеваний), и во множестве других применений.  
Средства анализа информации при помощи семантических технологий входят и в повседневную жизнь. Например, разработчики Facebook Graph Search придумали отличный пример, который позволяет на обыденном уровне продемонстрировать принципиальную новизну семантического поиска (анализа): очевидно, что ни одна из существующих поисковых машин, строящихся по принципу поиска в тексте, не сможет ответить на вопрос «Какие рестораны нравились моим друзьям?», или «В каких городах живут мои родственники?». Поиск по графу, используя формализованный набор информационных объектов (люди, рестораны, города) и отношений между ними (нравится, живет в), способен дать нужный ответ быстро и совершенно точно. При этом условия запроса можно варьировать в тех пределах, которые допускает онтология (набор тех самых типов информационных объектов и связей между ними): аналогичные вопросы можно задать не о ресторанах, а о фильмах, не о родственниках, а об одноклассниках. Понятно, что все содержимое социальной сети Facebook представляет собой огромный единый информационный граф, с миллиардами узлов и связей. Возможность анализа и использования этих связей и составляет всю его ценность, что прекрасно понимают владельцы ресурса.

Опираясь на сказанное выше, мы можем определить критерии, которые должны предъявляться к информационным моделям, строящимся по принципам семантических технологий. Часть этих критериев вытекает из общих требований к моделям, часть – из специфики технологий, связанных с условиями их практической полезности. Перечислим их.

1. Результат выполнения какого-либо действия в реальной системе и в модели должен совпадать (отношения подобия между моделью и системой в исходном и конечном состоянии описываются одними и теми же правилами). Это требование обеспечивает прогностический потенциал модели: если оно выполнено, мы можем моделировать развитие системы, и воплощать результаты моделирования.
2. Модель должна отражать свойства объектов и связи между ними таким образом, который делает возможным извлечение знаний из модели при помощи существующих технологий (таких, как SPARQL). Это сугубо практическое требование, обеспечивающее пригодность модели для анализа. Фактически, оно декларирует возможность выполнения расчетов на модели.
3. Модель должна обеспечивать возможности расширения и масштабирования (укрупнения и детализации), без пересмотра ее онтологического ядра. Это требование налагает ограничения на отбор способов классификации объектов, разграничение объектов и их свойств; это требование можно серьезно детализировать.

# Использование технологий Semantic Web для интеграции информационных систем

Технологии семантической паутины сейчас привлекают к себе внимание, потому что на их основе уже создаются новые интересные инструменты. В качестве примера можно привести социальный поиск Graph Search от Facebook.

Однако сфера применения семантических технологий не ограничивается социальными сетями и поисковыми сервисами. Идея применить эти технологии для организации обмена данными между информационными системами достаточно очевидна. Если одна система передает другой не только сами данные, но и информацию об их сущности в предметной области (смысле, семантике), это позволяет лучше абстрагировать обменивающиеся системы друг от друга, чем при использовании выгрузок в XML, JSON или веб-сервисов SOA.



Рисунок . Преобразование данных в RDF триплеты для обмена данными между информационными системами

Сегодня существует несколько реализаций такого подхода. Большинство из них, конечно, сделано зарубежными компаниями, но есть и российские разработки. В данном подразделе я расскажу об архитектуре одной таких систем, которую российские разработчики реализовали на практике.

При создании системы было задано, что нескольким информационным системам необходимо очень быстро (с интервалом всего в несколько секунд) сообщать друг другу об изменениях, происходящих в их хранилищах данных. Поэтому архитектура сильно напоминает шину обмена сообщениями (Message Queue), основной особенностью которой является то, что содержание сообщений выражено в синтаксисе RDF, то есть представляет собой RDF-триплеты, сохраненные в документе типа RDF/XML. Со стороны каждой из интегрируемых систем работает клиентский модуль обмена, который интерпретирует получаемые сообщения, и, если необходимо, вносит соответствующие изменения в хранилище данных своей системы. Клиентский модуль является автономным, то есть, если в хранилище произошли изменения, о которых нужно сообщить другим информационным системам – он кодирует сведения об этих изменениях в RDF, и отправляет в виде сообщения по корпоративной шине.

Роль маршрутизатора в шине выполняет центральный сервер-посредник, который обладает информацией о правах доступа информационных систем к разным видам данных, гарантирует доставку, контролирует целостность данных (и, при необходимости, старается ее восстановить), а также выполняет ряд других полезных функций. На рисунке ниже показана схема программных компонентов, участвующих в обмене. В качестве примера двух обменивающихся систем взяты, с одной стороны, некое веб-приложение на PHP/MySQL, и конфигурация 1С — с другой.

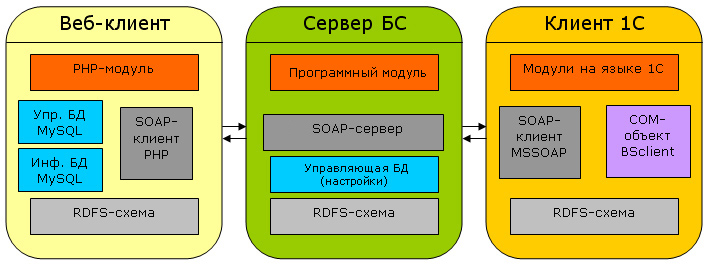


Рисунок . Возможная архитектура семантической корпоративной системой интеграции

Разумеется, на практике обменивающихся систем может больше, чем две.  
Преимущества этого подхода по сравнению с выгрузкой в XML или веб-сервисом SOAP достаточно очевидны, особенно если исходить из того, что необходимо связать между собой три, четыре или более систем. Они могут оперировать одними и теми же типами объектов (например, во всех информационных системах любой компании почти наверняка присутствует понятие «клиент»), но обладать разными наборами данных о них, и использовать их в разных контекстах. Также необходимо уточнить, что здесь хорошо проявляется один из принципов семантической паутины, а именно – глобальные типы. Существует множество информационных систем различного уровня, которые оперируют одинаковыми, по сути, сущностями (клиент, заказ, прибыль, работник), но в каждой системе эти сущности реализованы по-разному. Из-за эти ИС для обмена информацией друг с другом придется каждый раз преобразовывать данные из «неродного» формата. Однако если хранить информацию изначально в семантическом графе RDF, то сущность «Клиент» и в ERP системе маленького магазинчика и в CRM системе транснациональной корпорации будет представлена в одинаковом виде и обладать одним и тем же набором свойств. При традиционном подходе выгрузки в XML почти всегда будут избыточными, жестко связанными со структурой данных в базе данных системе-источнике, и потребуют написания программного кода для экспорта и импорта. Если, например, в CRM-системе хранятся таблицы с клиентами и сделками с ними, XML-выгрузка будет выглядеть примерно так:

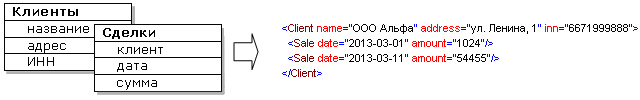


Рисунок . Представление информации в виде XML

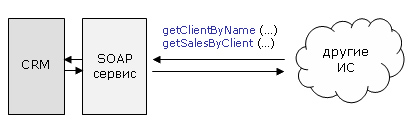
Понятно, что одной системе-потребителю этой информации сведения о сделках потребуются с детализацией по товарам, другой — без нее, зато со сведениями о грузополучателе и сроке доставки, и т.д. Использование выгрузок становится крайне проблематичным, если какие-нибудь данные могут измениться «задним числом». А уж если какая-нибудь из систем-получателей имеет право вносить изменения в эти данные (например, из системы отдела логистики могут поступать сведения о фактической отгрузке товара) — продолжать использовать выгрузки можно только из чистого упорства.  
Более прогрессивный вариант — использовать SOAP веб-сервис. Тогда схема взаимодействия системы-источника с потребителями информации будет выглядеть так:  


Рисунок . Использование веб-сервисов для интеграции информационных систем

Это будет удобно до тех пор, пока число сервисов (растущее пропорционально числу типов информационных объектов, которыми нужно обмениваться) не перевалит через несколько десятков. Тогда проблема мониторинга работоспособности сервисов, их документирования и поддержки начнет становиться по-настоящему критичной. Кроме того, это не решает проблему обратной связи систем: в упомянутом выше примере, когда система отдела логистики не только забирает информацию из CRM, но и может сама помещать в нее какие-либо данные, веб-сервисы придется реализовывать со стороны обеих систем, что совсем неудобно. Также программистам подобных систем придется самим заботиться о безопасности сервисов, поддержании целостности данных, обработке ошибок и т.п.

В более крупных инфраструктурах применяют MDM-системы (что требует совсем другого порядка вложений и усилий), а также шины обмена сообщениями. Шины хороши тем, что позволяют объединять большое количество информационных систем без возрастания сложности обмена в зависимости от числа систем. Фактически здесь реализуется шина, только в отличие от «классической» шины по ней будут передаваться сообщения, выглядящие примерно так:  
Информация, кодированная в виде триплетов RDF

Как уже говорилось, каждая система-отправитель перед отправкой преобразует в такой формат сведения, которыми хочет поделиться, а каждая система-получатель интерпретирует их в соответствии со своими правилами.  
Преимущества такого подхода в сравнении с классической шиной обмена сообщениями состоят в том, что информационным системам нет необходимости создавать «протокол обмена», определяющий смысловую нагрузку сообщений. Его роль выполняет онтология, известная всем обменивающимся системам и серверу (сервер обладает наиболее полной версией онтологии, клиентские системы могут использовать ее подмножества). В настройках каждого клиентского модуля производится сопоставление (mapping) элементов онтологии структурным элементам локального хранилища данных (проще говоря, таблицам и полям базы). Разумеется, можно создавать пользовательские программные обработчики для сущностей и связей, которые не имеют однозначного отображения на структуру базы данных, но в практических внедрениях объем требуемого программного кода измеряется десятками строк. Также, в отличие от классических шин обмена сообщениями, в нашем случае сервер выполняет ряд высокоуровневых полезных функций, вроде уже упомянутого восстановления целостности данных, выявления дублей объектов, разрешения конфликтов. Кстати, заодно сервер может формировать SPARQL базу данных, в которой будут аккумулированы сведения из всех обменивающихся систем, представленные в виде графа. Это обещает обеспечить такие возможности аналитики, какие не сможет предоставить ни одна из интегрируемых систем в отдельности.

Конечно же, использование описанного здесь подхода позволяет решить все перечисленные выше проблемы интеграции: обеспечить независимость процедур обмена со стороны различных систем от структуры баз друг друга, отказоустойчивость, безопасность, гибкость настройки, возможность легко использовать одну и ту же информацию в разных контекстах. Разумеется, описанный подход является далеко не единственным вариантом применения семантических технологий для интеграции данных.

# Сравнительный анализ семантических моделей для корпоративных приложений

Идея применения семантических моделей в корпоративных информационных системах существует давно, но устойчивая практика такого их использования еще не сформировалась. Семантические модели можно применять для интеграции данных, аналитики, управления знаниями; однако, пока нет общепринятого мнения о том, как подходить к оценке их полезности, по каким методикам должны строиться такие модели.

В этом разделе мы на практическом примере сравним аналитический потенциал моделей, построенных по правилам интеграционного стандарта ISO 15926, который предписывает использование OWL и SPARQL для выражения моделей и работы с ними, и «обычных» семантических моделей, построенных без использования этого стандарта. Решение этого вопроса позволит выбрать диапазон задач, для решения которого целесообразно применять такие высокоуровневые парадигмы семантического моделирования, как ISO 15926.

##### *Постановка проблемы*

Необходимо кратко осветить историю вопроса, и суть взаимоотношений между ISO 15926 и «обычной» семантикой. ISO 15926 – стандарт обмена информацией, предназначенный для использования в промышленности (прежде всего, нефтегазовой). Исторически, акцент при разработке стандарта делался на обмен данными между различными организациями, т.е. между различными информационными инфраструктурами. Основные его особенности – специфический подход к классификации объектов и их отношений, учет временнóй составляющей объектов (4D моделирование), возможность моделирования жизненного цикла систем (а не просто текущего состояния той или иной системы). Стандарт содержит онтологическое ядро, и подразумевает использование общих библиотек справочных данных для создания прикладных информационных моделей. Все это обеспечивает как его преимущества (возможность создания высококачественных и релевантных моделей жизненного цикла систем, отличный потенциал использования для передачи информации между различными организациями при помощи общего «онтологического словаря»), так и недостатки (возрастающую сложность получающихся моделей, высокий «порог входа» по уровню знаний, необходимых для овладения стандартом и его использования).  
Разработка стандарта была начата еще в 1990-е годы. С появлением в середине 2000-х технологий Semantic Web, они были утверждены в качестве технологической основы для выражения данных в соответствии с ISO 15926. Таким образом, основные концепции стандарта были заложены до возникновения Semantic Web, но только появление этих технологий предоставило необходимый технологический базис для создания способа выражения данных в соответствии со стандартом, обладающего потенциалом действительно широкого распространения. Некоторая идеологическая близость, но не идентичность этих технологий заложила основу того «противоречия», которое хотелось бы разрешить. Поскольку принципы, по которым выполняется моделирование в соответствии с ISO 15926, не вполне соответствуют принципам представления объектов и отношений между ними, например, в языке OWL, объединение этих двух технологий получилось несколько синтетическим. Данные, построенные в соответствии с ISO 15926, могут быть разложены на элементарные элементы — триплеты RDF, но анализ отношений между информационными объектами, представленной в таком виде модели средствами SPARQL, будет затруднен.

##### Пример: создание и анализ «обычной» семантической модели

Рассмотрим теперь два «конфликтующих» способа построения моделей, и оценим их практическую полезность, исходя из перечисленных критериев. Пример мы возьмем из области промышленности, «родной» для обсуждаемого стандарта.  
  
Опишем в виде семантической модели информацию о событии – установке насоса в трубопровод. Наша модель должна содержать следующие сведения:

* Место установки насоса (обозначенное на схеме завода определенным идентификатором; далее в тексте будем называть его «функциональным местом», в соответствии с терминологией ISO 15926);
* Сам насос, как физический объект определенного типа с определенным серийным номером, присвоенным ему в определенный момент времени;
* Сведения о том, что данный насос подходит данному месту (может быть в него установлен);
* Дата и время установки.

Сначала смоделируем эту информационную структуру без опоры на ISO 15926 (разумеется, создать ее можно множеством различных способов, мы произвольно выберем один).

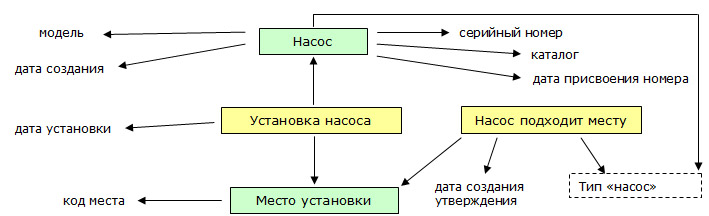


Рисунок . "Обычная" семантическая модель

Желтым показаны объекты, соответствующие событиям, зеленым – материальные объекты, без рамки – литералы. В пунктирную рамку обведено определение класса, которое, в принципе, относится к справочным данным, а не к конкретной модели. Стрелками показаны связи объектов друг с другом, и объектов с литералами (свойствами) – ребра графа.  
В результате импорта этой онтологии в SPARQL, получится набор из 16 триплетов (ребер графа). Они соответствуют показанным на схеме линиям, плюс по одному триплету для типа каждого объекта. Конечно, схема упрощена – например, «модель» должна быть не литералом, а ссылкой на соответствующий объект.

Рассмотрим возможности анализа этой модели. Например, пусть мы хотим узнать, в какое именно место был установлен насос с известным нам серийным номером. Для этого нам потребуется следующая последовательность простых запросов:

SELECT \* WHERE { ?pump <http://example.org/DC#Model> "Centrifugal Pump Model AB-123C"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string> }

Этот запрос возвращает идентификатор объекта, содержащего информацию о насосе. Теперь найдем объект «установка насоса»:

SELECT \* WHERE { ?installation <http://example.org/DC#InstalledItem> <http://example.org/DC#DE-1234F> }

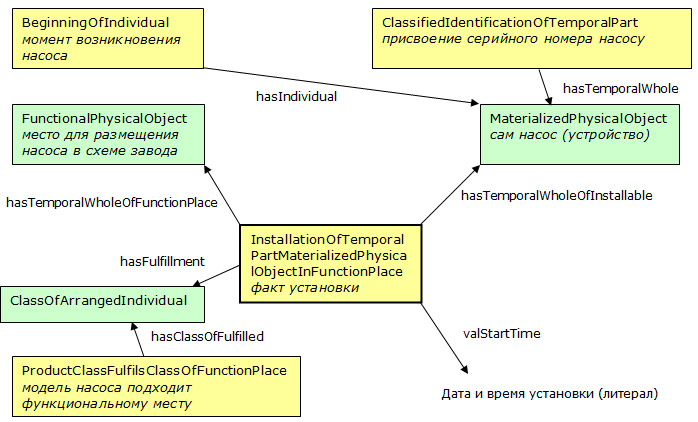
Осталось узнать место установки:

SELECT \* WHERE { <http://example.org/OurInstallation> <http://example.org/DC#InstalledPlace> ?place }

Мы просмотрели три ребра графа; конечно, эти запросы можно объединить в один.

# Пример: создание и анализ модели по стандарту ISO 15926

В соответствии со стандартом ISO 15926, наше событие – установка насоса – должно быть описано шаблоном InstallationOfTemporalPartMaterializedPhysicalObjectInFunctionPlace. В упрощенном виде структуру ролей этого шаблона, позволяющую выразить информацию, примерно эквивалентную той, что показана в примере выше, можно представить таким образом:



На этой диаграмме экземпляры шаблонов окрашены желтым цветом, экземпляры (instances) объектов – зеленым.  
Такая структура, заполненная минимально необходимыми данными (без аннотаций), при импорте в SPARQL точку доступа превращается в 36 триплетов.

Отметим, что структура этих данных в триплетах получается вполне разумной, и не так уж сильно отличается от структуры модели без использования стандарта. Увеличение числа триплетов по сравнению с «обычной» семантической моделью в два с лишним раза связано с добавлением новых информационных объектов, а также ссылок на определения базовых типов, содержащихся во многих из них. Однако преобразование в триплеты справочных данных, особенно – определений шаблонов, даст гораздо худшие результаты с точки зрения оптимальности структуры графа. Так, определение только одного шаблона InstallationOfTemporalPartMaterializedPhysicalObjectInFunctionPlace составляет 148 триплетов, многие из которых включают blank nodes (узлы графа, не имеющие собственных идентификаторов). В том числе, многие триплеты связывают между собой два blank node. Работа с такими структурами средствами SPARQL сильно затруднена. На практике это выльется в серьезное возрастание сложности программного обеспечения, реализующего возможности создания или просмотра шаблонов. Для сравнения, «обычная» семантическая модель тех же самых данных укладывается всего в 38 триплетов, то есть она на порядок компактнее, чем модель ISO 15926 (не забудем, что упомянутые выше 148 триплетов описывают только один шаблон, а их в нашем примере четыре, плюс определения необходимых стандартных типов). Еще одно важное отличие состоит в том, что модель ISO содержит связи со внешними элементами, находящимися за пределами той точки доступа, в которой размещена текущая онтология – в частности, в RDL.

Рассмотрим возможности анализа модели, построенной по правилам ISO 15926. Выполним те же задачи, которые описаны выше для «обычной» семантической модели. Пусть мы хотим узнать, в какое именно место был установлен насос с известным нам серийным номером. В модели ISO нам потребуется следующая последовательность простых запросов:

SELECT \* WHERE { ?temporalpart <http://standards.iso.org/iso/15926/tpl#valIdentifier> "S/N DE-1234F"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string> }

Получаем в результате идентификатор экземпляра шаблона ClassifiedIdentificationOfTemporalPart. Теперь спрашиваем, с каким физическим объектом «насос» связан этот шаблон:

SELECT \* WHERE { <http://example.com/tpl#CITP456> <http://standards.iso.org/iso/15926/tpl#hasTemporalWhole> ?pump }

Получаем идентификатор насоса (объект типа MaterializedPhysicalObject). Теперь можем получить список экземпляров шаблона, описывающего установку насоса:

SELECT \* WHERE { ?installation <http://standards.iso.org/iso/15926/tpl#hasTemporalWholeOfInstallable> <http://example.com/tpl#MPO456> }

Получили идентификатор экземпляра шаблона InstallationOfTemporalPartMaterializedPhysicalObjectInFunctionPlace. Узнаем теперь, на какое функциональное место производилась установка:

SELECT \* WHERE { <http://example.com/tpl#T123> <http://standards.iso.org/iso/15926/tpl#hasTemporalWholeOfFunctionPlace> ?place }

Итак, нам потребовалось пройти четыре ребра графа. Важно отметить, что для того, чтобы составить эти запросы, разработчик должен быть детально знаком с принципами ISO 15926, и обладать аннотированной библиотекой шаблонов (которой, на самом деле, нет в открытом доступе).

# Сходства и различия «обычной» семантики и ISO 15926

Выводы из рассмотренных примеров использования семантических моделей вполне очевидны:  
1. С технологической точки зрения, «обычные» семантические модели вполне симметричны моделям ISO 15926, если говорить о проектных данных (выражающих информацию о конкретных системах и процессах). Модели ISO имеют бóльшую сложность, и этот разрыв, в сравнении с «обычными» моделями, растет в зависимости от объема модели по линейному закону. Это объясняется наличием отдельных сущностей для выражения темпоральных частей объектов, а также необходимостью классифицировать объекты в соответствии с классификатором типов верхнего уровня.  
2. С точки зрения вычислительного потенциала этих моделей – вычисления на них также несколько сложнее, чем в «обычной» семантике, но различие не является радикальным. Более существенно то, что для построения запросов необходимо не только знакомство с моделью, но и владение концепциями ISO 15926, а также наличие навигатора по шаблонам (который, насколько нам известно, отсутствует в открытом доступе; набор шаблонов и порядок их утверждения, насколько нам известно, тоже далеки от желаемых).  
3. Система справочных данных и высокоуровневых сущностей ISO 15926 сильно усложнена по сравнению с «обычной» семантикой (если брать за показатель количество триплетов, требуемых для выражения модели – в 10 раз и более). В особенности это касается библиотек высокоуровневых сущностей, таких, как шаблоны. Работа с определениями (не экземплярами!) этих сущностей средствами семантических технологий значительно затруднена. Тем не менее, любое приложение, предоставляющее пользователю возможности работы с шаблонами, и «прячущее» от него их низкоуровневое представление, должно обладать широкими возможностями такой работы (поиск и просмотр, создание и редактирование определений шаблонов, их заполнение). Частичным решением проблемы может быть работа с шаблонами, выраженными не в виде триплетов в RDF-хранилище, а в виде файлов OWL.  
4. Концепции ISO 15926, считающиеся его «ноу-хау», и обеспечивающие особую ценность этого стандарта – использование федеративного доступа и библиотек RDL, учет темпоральных частей – доступны и в «обычной» семантике. Все зависит от того, каким образом построена модель данных, и как реализовано разделение данных на проектные и справочные. Кстати, заметим, что нет никаких практических препятствий для использования библиотек RDL, построенных в соответствии с ISO 15926, в приложениях, использующих не соответствующие ему модели данных.   
5. Действительную ценность стандарта составляет, прежде всего, его статус стандарта; общепринятые способы классификации и сами классификаторы (а также способы их администрирования) обеспечивают потенциал использования стандарта для интеграции между различными предприятиями, но несколько усложняют выполнение вычислительных задач на моделях. Это естественная ситуация: за любую универсальность приходится платить быстродействием.  
  
Таким образом, стандарт ISO 15926 представляет собой один из способов построения семантических моделей, обладающий определенными достоинствами и недостатками по сравнению с другими способами, содержащими меньше высокоуровневого формализма. С точки зрения практической реализации и потенциала использования, между стандартом и другими способами нет принципиальной разницы, которая позволила бы противопоставить их как различные технологии. Декларирование наличия такой разницы могло бы считаться маркетинговым приемом пропаганды стандарта, если бы оно не играло вместе с тем отпугивающей роли для специалистов, уже знакомых с «обычными» семантическими технологиями (как это происходит сейчас на практике). К тому же, объяснить разницу между ISO 15926 и «обычной» семантикой на технологическом уровне людям, не являющимся ИТ-специалистами, но принимающим решения о создании той или иной программной инфраструктуры, крайне сложно.  
  
Создание качественных моделей систем возможно как с использованием данного стандарта, так и без него; решение о его использовании должно приниматься исходя из контекста применения разрабатываемой информационной системы, прежде всего – с точки зрения возможного включения модели в интеграционные процессы, и с точки зрения требований к проведению вычислений на модели. Следование стандарту можно высказать в качестве общей рекомендации, однако при определенных обстоятельствах необходимость быстрых вычислений на модели может потребовать реализации более рациональной онтологии. Решать проблему оптимизации вычислений только аппаратными средствами, как правило, нерационально.  
Основными препятствиями к распространению стандарта следует считать:

* высокий «порог входа» – объем знаний, необходимый для успешного использования этой технологии;
* отсутствие полноценной методической базы, документации, развитых сообществ поддержки, сборников примеров использования;
* отсутствие доступного широкому кругу пользователей программного обеспечения, предоставляющего возможности работы с моделями данных, построенными в соответствии со стандартом;
* отсутствие убедительных и открытых примеров успешного использования стандарта (выходящих за рамки простой декларации о том, что его применяют такие-то компании для таких-то целей).

Именно с этими проблемами и нужно бороться, распространяя стандарт как передовую практику. Его искусственное противопоставление «обычным» семантическим технологиям может играть в этом процессе только негативную роль.

Таким образом, несмотря на свои положительные особенности, этот стандарт проигрывает в гибкости обычным «не стандартизированным» семантическим моделям и его сложно назвать универсальным. С другой стороны создание стандарта ISO 15926 было, по сути, первой серьезной попыткой сделать универсальный способ обмена промышленной информацией. Другими словами он пытался решить те же проблемы в информационных технологиях корпоративного уровня, что сейчас адресуются семантическим сетям.

# Семантический рабочий стол

Семантический рабочий стол — это устройство, на котором каждый хранит всю свою цифровую информацию — документы, мультимедиа и сообщения. Они интерпретируются как ресурсы семантической паутины, каждый из которых имеет уникальный идентификатор ([URI](https://ru.wikipedia.org/wiki/URI)), все данные доступны, и их можно запросить как [RDF](https://ru.wikipedia.org/wiki/Resource_Description_Framework)-граф. Ресурсы из сети могут сохраняться, а авторским контентом можно делиться с другими. Онтологии позволяют пользователю выражать персональные интеллектуальные модели и формировать семантическую связку, соединяющую информацию и системы. Приложения действуют указанным образом, и хранение, считывание, взаимодействие происходят через онтологии и протоколы семантической паутины. Семантический рабочий стол — существенное дополнение к пользовательской памяти.

Представление семантического рабочего стола может рассматриваться как ответ на осознаваемые проблемы существующих пользовательских интерфейсов. Не обладая качественными [метаданными](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5), компьютеры не способны без труда узнавать множество зачастую необходимых атрибутов файлов. Например, предположим, что кто-то скачивает документ, созданный конкретным автором, по конкретной теме; хотя наверняка из документа будет ясна его тема, автор, источник и, возможно, информация об [авторском праве](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE), компьютеру может быть не так просто получить эту информацию и обрабатывать её в различных приложениях — таких, как файловые менеджеры, локальные поисковики файлов и т. д. Это означает, что компьютер не сможет осуществлять поиск, фильтрацию или иные действия над информацией с максимальной эффективностью. Это основная проблема, которой занимается [семантическая паутина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D1%83%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0).

Также существует проблема зависимости различных файлов друг от друга. Например, в UNIX-подобных операционных системах [электронные письма](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D1%87%D1%82%D0%B0) хранятся отдельно от файлов. Ни одна из проблем не имеет отношения к задачам, заметкам или запланированным действиям, которые могут храниться в программе-календаре. Контактные данные могут храниться в другой программе. Так или иначе, все эти формы представления информации могут одновременно быть актуальными и необходимыми для какой-либо конкретной задачи.

В связи с этим, пользователь часто будет получать — с помощью [браузера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%B0%D1%83%D0%B7%D0%B5%D1%80) или иной программы — доступ к большому количеству информации из интернета, которая отделена от информации, локально хранимой на компьютере.

Семантический рабочий стол — это попытка решить часть или все эти проблемы разом путём расширения возможностей операционной системы, делая возможным управление всеми данными с помощью технологий семантической паутины. Улучшенные пользовательские интерфейсы (или плагины к существующим приложениям), основанные на такой интеграции данных, могут давать пользователю целостностное представление о хранимых знаниях. Некоторые операционные системы, такие как [BeOS](https://ru.wikipedia.org/wiki/BeOS), имеют файловые системы, схожие по функциональности с реляционными базами данных, которые хранят метаданные о документе прямо в файловой системе, что является существенным шагом на пути к семантическому рабочему столу.

Существуют различные интерпретации идеи семантического рабочего стола. В наиболее узком смысле она может интерпретироваться как добавление механизмов привязывания считываемых компьютером [метаданных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5) к файлам. В крайних случаях она может трактоваться как полная замена существующим пользовательским интерфейсам, унифицирующая все формы данных и обеспечивающая единый последовательный интерфейс. В зависимости от решаемой проблемы, есть много степеней градации между двумя перечисленными вариантами.

Рисунок 8. Структура Semantic Desktop

# Заключение

Хоть технологии Semantic Web разрабатывались для развертывания семантической сети в глобальной сети Интернет, они достаточно универсальный для построения семантических графов, распределенных по электронным сетям любого уровня. Так, с помощью языка описания семантических документов RDF и идентификаторов URI можно выстроить семантическую сеть на уровне предприятия или даже группы предприятий (например, для стандартизации финансовых показателей в конгломерате компаний). Более того, в семантическую сеть можно даже превратить ресурсы одного персонального компьютера с помощью определенных приложений, таких как персональный информационный менеджер или даже специализированных операционных систем, построенных на идее семантически соединенных файлов и их метаданных в компьютере (BeOS).

Практической реализацией этой идеи является так называемый Семантический рабочий стол – компьютерный пользовательский интерфейс, который дает возможность управления данными на персональном компьютере таким образом, что упрощается автоматическая обработка этих данных и взаимодействие между различными приложениями. Не обладая качественными [метаданными](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5), компьютеры не способны без труда узнавать множество зачастую необходимых атрибутов файлов. Однако если позволить компьютеру управлять данными с помощью технологий семантической паутины, возможна смысловая обработка всей информации в системе, что превращает персональный компьютер в персональную базу знаний.

Семантические графы и их электронные представления хоть и находятся на заре своего развития, имеют поистине безграничный потенциал. Их не зря называют будущим Интернета и баз знаний.