

Интеллектуальные информационные системы (ИИС)

Лекция 4

Семантические сети.

Определение семантических сетей

Семантические сети представляют собой специализированный вид графовой структуры данных, в которой информация о мире организована с учетом ее семантики, то есть смысла и значения. В семантических сетях знания описываются с использованием узлов (nodes) и дуг (edges), где узлы представляют концепты, объекты или сущности, а дуги обозначают отношения между ними.



Узлы (Nodes или вершины) : Узлы в семантических сетях представляют собой сущности или концепты, которые нужно описать или классифицировать. Например, узел может представлять собой концепт "Человек", "Автомобиль", "Город" и так далее.

Дуги (Edges или ребра): Дуги в семантических сетях обозначают отношения между узлами и определяют, какие связи существуют между концептами. Примеры отношений включают "Является частью", "Принадлежит", "Имеет атрибут" и многие другие.

Семантика: Основное отличие семантических сетей от других структур данных заключается в том, что они учитывают смысл и значение отношений между узлами. Это позволяет компьютерам и системам более глубоко понимать и обрабатывать информацию, а также делать выводы на основе контекста.

Таксономии и онтологии: Важным аспектом семантических сетей является использование таксономий и онтологий для организации знаний. Таксономии представляют собой иерархические структуры, позволяющие классифицировать концепты, в то время как онтологии определяют формальные определения и отношения между ними.

Хронология развития семантических сетей

1950-1960-е годы: Идеи, лежащие в основе семантических сетей, начали развиваться в самые ранние десятилетия искусственного интеллекта. В это время исследователи пытались создать компьютерные программы, способные понимать естественный язык и обрабатывать знания.

1965 год: Фрэнклин П. Куинлэн (Franklin P. Quillian) разработал первую концептуальную семантическую сеть, известную как "сеть Куинлэна". Она представляла собой иерархию концептов и их связей.

1970-1980-е годы: Семантические сети стали более широко применяться в исследованиях по обработке естественного языка и базах данных.

1984 год: Дуглас Ленат (Douglas Lenat) начал разрабатывать систему "Сус", которая стала одной из самых известных и масштабных онтологий в мире искусственного интеллекта.

1990-е годы: С развитием Интернета и семантического веба, семантические сети начали применяться в сфере информационного поиска и интеграции данных. Проекты, такие как RDF (Resource Description Framework) и OWL (Web Ontology Language), стали стандартами для представления семантических данных.

2000-е годы: Семантические технологии стали применяться в коммерческих и научных проектах. Компании начали использовать семантический поиск и анализ текста для улучшения поиска и аналитики данных.

2010-е годы и наше время: Семантические сети продолжают развиваться и находить применение в различных областях, включая биоинформатику, медицину, бизнес-аналитику, автоматизацию процессов и другие. Развитие искусственного интеллекта и машинного обучения также усиливает интерес к семантическим технологиям.

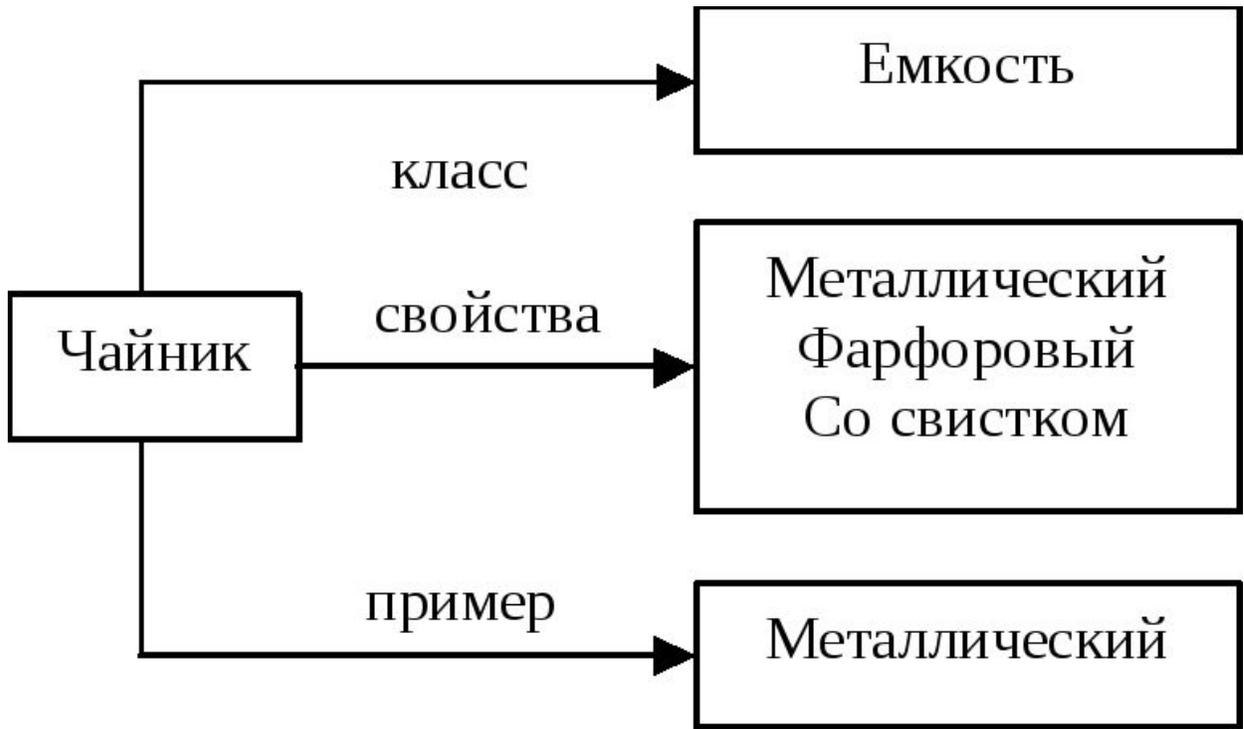


Рисунок 1 - Семантическая сеть Куиллиана

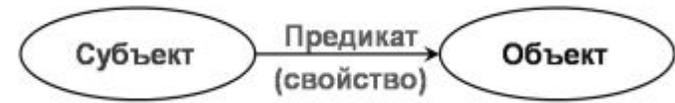


Рисунок 2 – Триплет RDF



Рисунок 3 – Граф RDF

Значение семантических сетей в интеллектуальных информационных системах

Более глубокое понимание информации: Семантические сети позволяют информационным системам понимать смысл и значение данных, а не просто обрабатывать символы или слова. Это способствует более точному анализу и интерпретации текстовых, графических и аудио-данных.

Улучшенный поиск информации: В ИИС семантический поиск позволяет пользователям искать информацию на основе ее смысла, а не просто наличия ключевых слов. Это уменьшает шум в результатах поиска и улучшает точность результатов.

Интеграция данных: Семантические сети позволяют объединять данные из разных источников и их разнородных форматов. Это особенно полезно в больших организациях, где данные могут храниться в различных системах и базах данных.

Автоматический вывод и рекомендации: Семантические сети позволяют информационным системам делать автоматические выводы на основе семантических отношений. Например, они могут автоматически выдвигать рекомендации для пользователей, основанные на их предпочтениях и контексте.

Семантический анализ текста и данных: Использование семантических сетей позволяет проводить более глубокий анализ текстов и данных, выявляя скрытые связи, контекст и смысловую нагрузку. Это полезно в областях, таких как анализ тональности, распознавание именованных сущностей и многих других.

Интеллектуальные агенты и автономные системы: Семантические сети играют важную роль в разработке интеллектуальных агентов и автономных систем, способных анализировать и принимать решения на основе семантических данных.

Семантический веб и интероперабельность: В рамках семантического веба семантические сети помогают обеспечить интероперабельность между различными системами и источниками данных в Интернете, что способствует обмену и интеграции информации.

Исследования и инновации: Семантические сети предоставляют основу для исследований в области искусственного интеллекта и обработки естественного языка. Они также поддерживают развитие новых технологий и приложений, таких как умный поиск, автономные автомобили и многие другие.

Связь семантических сетей с другими технологиями, такими как искусственный интеллект и обработка естественного языка

Искусственный интеллект (ИИ):

Знание и рассуждение: Семантические сети предоставляют структурированный способ представления знаний, что делает их ценными для систем ИИ. ИИ-системы могут использовать семантические сети для рассуждения и принятия решений на основе логики и знаний.

Машинное обучение: Семантические сети могут использоваться в качестве источника обучающих данных для алгоритмов машинного обучения, что позволяет моделям ИИ учитывать семантический контекст при анализе данных.

Интеллектуальные агенты: Семантические сети помогают в разработке интеллектуальных агентов, которые могут анализировать и понимать информацию на более глубоком уровне и действовать на основе семантических данных.

Обработка естественного языка (ОЕЯ):

Семантический анализ: Семантические сети играют важную роль в семантическом анализе текста. Они позволяют ОЕЯ-системам выявлять смысловые связи между словами и фразами, что способствует более точному пониманию текста.

Извлечение информации: ОЕЯ-системы могут использовать семантические сети для извлечения структурированных знаний из текста, таких как именованные сущности и их отношения.

Машинный перевод: Семантические сети помогают улучшить качество машинного перевода, так как они позволяют учитывать смысловые нюансы и контекст.

Семантический веб (Semantic Web):

Онтологии и RDF: Семантические сети широко используются в семантическом вебе для представления информации с использованием RDF и онтологий, что позволяет данным на веб-страницах иметь более богатый семантический контекст.

Интероперабельность данных: Семантические сети способствуют интероперабельности данных на вебе, позволяя разным системам и источникам данных обмениваться информацией и понимать смысл данных друг друга.

Классификация семантических сетей

По типам связей (Отношений):

- 1. Семантические сети с бинарными отношениями:** В этих сетях каждая связь (дуга) соединяет два узла и представляет собой бинарное отношение между ними, например, "Является частью", "Принадлежит категории", "Синоним".
- 2. Семантические сети с множественными отношениями:** В таких сетях узлы могут иметь более одной связи и участвовать в нескольких отношениях. Это позволяет более подробно описывать семантические связи.

По назначению:

1. **Классифицирующие** - используется для классификации объектов в определенные категории или классы на основе их характеристик и семантических свойств.
2. **Функциональные** – в связях присутствуют функции по типу «выполнил, сделал, подписал и т.д»
3. **Логические** - используют логические формализмы и правила для представления и анализа знаний
4. **Лингвистические** – трансформация текста в семантическую сеть
5. **Сценарные** – описывают сценарии. Например, блок-схемы.

По описываемому явлению:

1. Объектные
2. Процессные
3. Функциональные
4. Концептуальные

По арности (количеству участвующих узлов в отношении):

- 1. Семантические сети с отношениями бинарной арности:** Каждое отношение связывает два узла, например, "Родитель-Ребенок".
- 2. Семантические сети с отношениями многозначной арности (n-арные):** В таких сетях отношения могут связывать более двух узлов. Это позволяет описывать более сложные связи и явления.

По вложенности:

1. **Реляционные** – использует отношения (реляции) между объектами для представления знаний. В реляционных семантических сетях информация о знаниях организуется в виде пар "субъект - реляция - объект", где субъект и объект представляют собой сущности или понятия, а реляция описывает отношение между ними. Этот тип семантических сетей особенно полезен для моделирования связей между объектами и представления сложных структур данных.
2. **Концептуальные** - представляет знания в виде концептуальных связей между объектами и понятиями. Они стремятся моделировать, как люди организуют свои знания в уме, отражая семантические и смысловые отношения между объектами. Эти сети используются для более естественного и интуитивного представления знаний.

Графовая структура семантических сетей

Узлы (Nodes):

Узлы представляют концепты, инстансы или атрибуты в семантической сети.

Концепты представляют абстрактные идеи, классы или категории, такие как "Человек" или "Автомобиль".

Инстансы являются конкретными объектами, сущностями или экземплярами, например, "John Smith" или "Toyota Camry".

Атрибуты представляют собой характеристики сущностей или концептов, такие как "Имя", "Возраст" или "Местоположение".

Дуги (Edges):

Дуги представляют отношения или связи между узлами в семантической сети.

Отношения определяют, как узлы связаны между собой и какая семантическая связь между ними.

Например, отношение "Является частью" может связывать инстанс "Двигатель" с концептом "Автомобиль".

Направленность дуг (Directionality):

В некоторых семантических сетях дуги могут быть направленными, что означает, что они имеют начальный и конечный узел и указывают направление связи. Например, отношение "Родитель" может быть направленным от родителя к ребенку.

Атрибуты дуг и узлов:

Как узлы, так и дуги могут иметь атрибуты, которые дополняют информацию о них. Например, у дуги "Является частью" может быть атрибут "Вес", который указывает вес части.

Иерархия и онтологии:

Семантические сети могут быть организованы в иерархическую структуру, где концепты имеют подклассы и надклассы. Это позволяет более точно классифицировать знания.

Использование онтологий, таких как RDF (Resource Description Framework) и OWL (Web Ontology Language), позволяет формализовать структуру сети и определять формальные отношения между концептами.

Семантические отношения:

Семантические сети используют различные отношения, чтобы описать смысловые связи между концептами и объектами. Например, отношение "Принадлежит" означает, что инстанс принадлежит к концепту.

Семантическая сеть

На основании ранее рассмотренной информации, **семантическая сеть** — это ориентированный граф, вершины которого — понятия, а дуги — отношения между ними.

Узлы в семантической сети обычно соответствуют объектам, концепциям, событиям или понятиям. Любой фрагмент сети, например одна вершина, две вершины и соединяющие их дуги, называют подсетью. Логический вывод (поиск решения) на семантической сети заключается в том, чтобы найти или сконструировать подсеть, удовлетворяющую некоторым условиям. Отношения, представляемые дугами, в семантической сети могут быть различными (таблица 1). Типы отношений выбираются в зависимости от вида семантической сети (таблица 2) и решаемой задачи.

Таблица 1 - Основные виды отношений в семантических сетях.

Тип	Описание
являться наследником (a-kind-of)	задает иерархические связи между классами
являться экземпляром	определяет значение, описывает конкретный объект, понятие
(is-a, например)	
это (are, есть)	может использоваться вместо связи a-kind-of в отношениях подразумевающих равенство или эквивалентность
являться частью (has-part)	определяет структурные связи, описывает части или целые объекты.
Функциональные	определяются обычно глаголами, отражают различные отношения (учить, владеть и т.д.).
Количественные	отображают количественные соотношения между вершинами (больше, меньше и т.д.)
Пространственные	отображают пространственные отношения между вершинами (близко, далеко и т.д.)
Временные	описывают временные связи между вершинами (скоро, долго, сейчас и т.д.)
Атрибутивные	описывают свойства объектов, понятий
Логические	описывают логические связи между вершинами (и, или, не)

Таблица 2 - Типы семантических сетей

Тип	Описание
<i>По типу знания</i>	
экстенциональные	описывает конкретные отношения данной ситуации.
интенциональные	описывают имена классов объектов, а не индивидуальные имена объектов, связи отражают те отношения, которые всегда присущи объектам данного класса.
<i>По типу ограничений на дуги и вершины</i>	
Простые	вершины сети не обладают внутренней структурой
иерархические	вершины обладают внутренней структурой, в иерархической сети есть возможность разделять сеть на подсети и устанавливать отношения не только между вершинами, но и между подсетями (различные подсети, существующие в сети, могут быть упорядочены в виде дерева подсетей, вершины которого—подсети, а дуги — отношения видимости)
динамические (сценарии)	сети с событиями
<i>По количеству типов отношений</i>	
Однородные	обладают только одним типом отношений
Неоднородные	количество типов отношений больше двух
<i>По arity отношений</i>	
Бинарные	все отношения в графе связывают ровно два понятия
N-арные	в сети есть отношения, связывающие более двух объектов

Пример задачи

Построить сетевую модель представления знаний в предметной области «Ресторан» (посещение ресторана).

Для построения сетевой модели представления знаний необходимо выполнить следующие шаги:

- 1) Определить абстрактные объекты и понятия предметной области, необходимые для решения поставленной задачи. Оформить их в виде вершин.
- 2) Задать свойства для выделенных вершин, оформив их в виде вершин, связанных с исходными вершинами атрибутивными отношениями.
- 3) Задать связи между этими вершинами, используя функциональные, пространственные, количественные, логические, временные, атрибутивные отношения, а также отношения типа «являться наследником» и «являться частью».
- 4) Добавить конкретные объекты и понятия, описывающие решаемую задачу.

Оформить их в виде вершин, связанных с уже существующими отношениями типа «являться экземпляром», «есть».

- 5) Проверить правильность установленных отношений (вершины и само отношение при правильном построении образуют предложение, например «Двигатель является частью автомобиля»).

Шаг 1

Ключевые понятия данной предметной области – ресторан, тот, кто посещает ресторан (клиент) и те, кто его обслуживают (повара, метрдотели, официанты, для простоты ограничимся только официантами). У обслуживающего персонала и клиентов есть общие характеристики, поэтому целесообразно выделить общее абстрактное понятие – человек. Продукцией ресторана являются блюда, которые заказывают клиенты. Исходя из этого, вершины графа будут следующими: «Ресторан», «Человек», «Официант», «Клиент», «Заказ» и «Блюдо».

Шаг 2

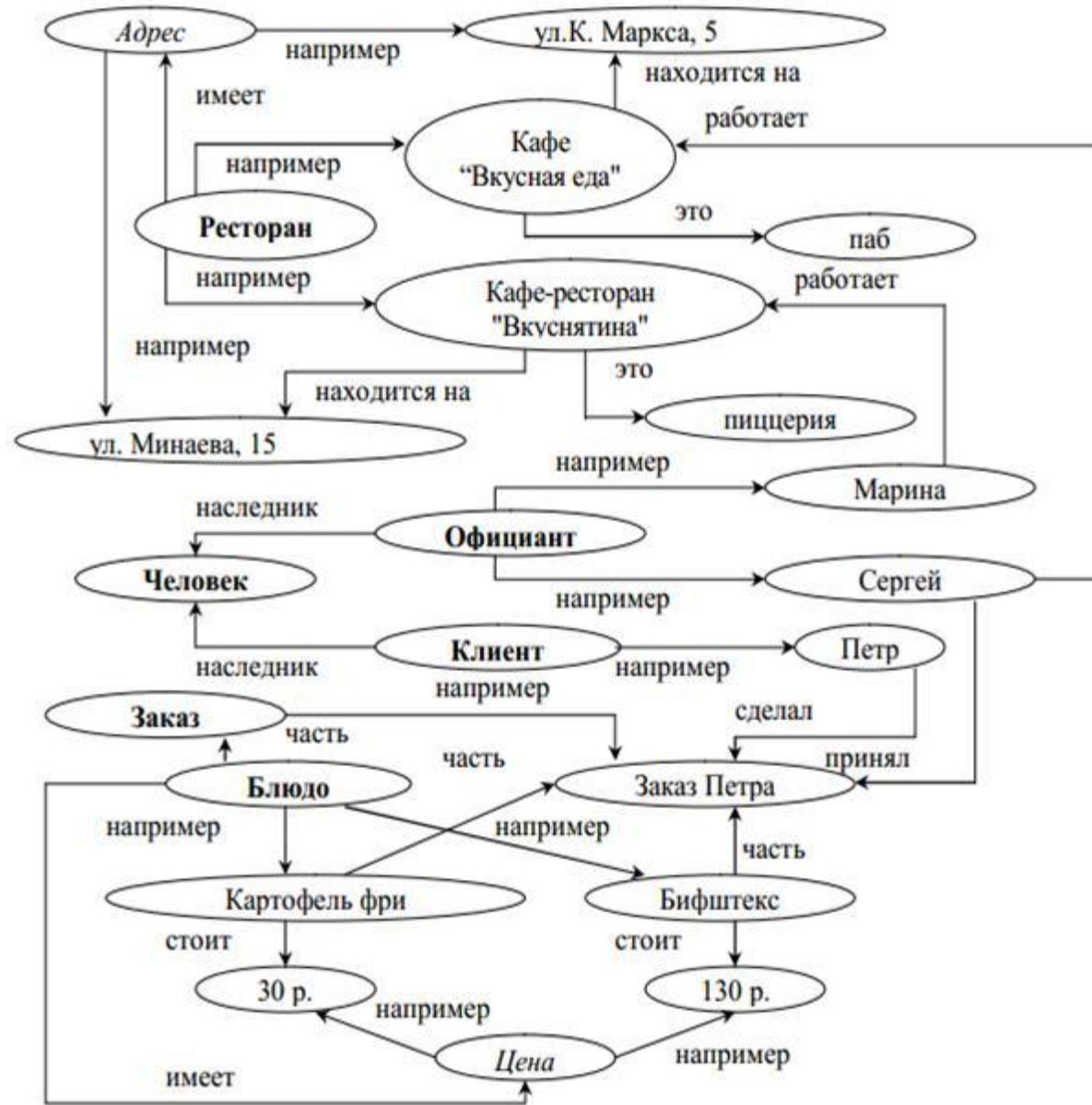
У этих объектов есть определенные свойства и атрибуты. Например, рестораны располагаются по определенным адресам, каждое блюдо из меню имеет свою цену. Поэтому добавим вершины «Адрес» и «Цена».

Шаг 3

Определим для имеющихся вершин отношения и их типы, используя таблицу 1.

Шаг 4

Добавим знание о конкретных фактах решаемой задачи. Пусть имеется два ресторана: «Вкуснятина» и «Вкусная еда», в первом работает официантка Марина, а во втором официант Сергей. Пётр решил пойти в ресторан «Вкусная еда» и сделал заказ официанту на 2 блюда: картофель фри за 30 р., бифштекс за 130 р. Также известны адреса этих ресторанов и их специфика. Исходя из этого, добавим соответствующие вершины в граф и соединим их функциональными отношениями и отношениями типа «например или являются экземпляром».



Шаг 5

Осуществим проверку установленных связей. Например, возьмем вершину «Блюдо» и пройдем по установленным связям. Получаем следующую информацию: блюдо является частью заказа, примерами блюд могут служить картофель фри и бифштекс.

Для получения ответа на какой-либо вопрос по этой задаче, необходимо найти соответствующий участок сети и, используя связи, получить результат. Например, вопрос «Какова цена заказа Петра (сколько Петр заплатил за заказ)?» Из запроса понятно, что необходимо найти следующие вершины: «Цена», «Перт» и «Заказ» или «Заказ Петра». Часть семантической сети, находящаяся между этими вершинами, содержит ответ, а именно, частью заказа Петра являются картофель фри и бифштекс, которые стоят 30 и 130 р. соответственно. Больше информации о заказе Петра в модели нет, поэтому делаем вывод – Петр заплатил 160 р.

Заключение

Семантические сети описывают взаимосвязи объектов, каждая вершина графа представляет собой понятие, или концепт, а каждая метка представляет связь между концептами.

Семантические сети придают смысл и значение используемым данным способствуя глубокому внедрению в понимание работы системы.