# Исследование методов извлечение знаний о предметных областях для создания интеллектуальных помощников

## Введение

### Введение в тему исследования

Интеллектуальные помощники, такие как чат-боты, виртуальные ассистенты и экспертные системы, нуждаются в понимании контекста, терминологии и специфики предметной области, чтобы давать корректные ответы, предлагать решения и помогать пользователям. Без качественно организованных знаний помощник будет давать общие, неточные или бессмысленные ответы.

### Актуальность

1. *Рост числа интеллектуальных помощников*:  
   Интеллектуальные помощники становятся неотъемлемой частью многих сфер жизни: от бытовых задач до сложных профессиональных областей, таких как медицина, финансы, и юриспруденция.
2. *Сложность и объем данных*:  
   Современный мир генерирует огромные объемы информации, большая часть которой неструктурирована (статьи, форумы, веб-страницы). Преобразование этой информации в структурированную форму требует эффективных методов извлечения знаний, которые позволят интеллектуальным системам работать с ней.
3. *Узкоспециализированные приложения*:  
   Пользователи всё чаще ожидают, что помощники будут обладать знаниями в узких областях, например, в медицинской диагностике или консультировании по юридическим вопросам. Создание специализированных помощников требует построения предметно-ориентированных баз знаний.
4. *Автоматизация процессов*:  
   В условиях ускоряющейся цифровизации бизнесов и процессов извлечение знаний позволяет автоматизировать рутинные задачи, такие как поиск информации, анализ данных и генерация отчетов.
5. *Проблема качества взаимодействия*:  
   Качество работы помощников напрямую зависит от того, насколько хорошо они понимают контекст и особенности предметной области. Извлечение знаний надлежащими методами позволяет повысить удобство взаимодействия с пользователем, точность ответов и/или их релевантность.

### Цели

Проанализировать и систематизировать современные подходы к извлечению знаний о предметных областях для создания интеллектуальных помощников, выявить основные методы, их преимущества и ограничения, а также определить направления развития технологий в данной области.

### Задачи

1. Анализ современных научных и практических источников, посвящённых извлечению знаний и их применению в интеллектуальных системах.
2. Выявление основные концепции и теоретические основы, лежащие в основе технологий извлечения знаний.
3. Систематизация существующих подходов и технологии, обеспечивающие создание баз знаний.
4. Обозначить направления, требующие дальнейшего изучения.

## Хранение знания

Прежде чем рассуждать, какие есть методы извлечения знаний, следует обозначить, что такое знания, куда знания будут помещаться после извлечения и как они будут структурированы.

*Знания* рассматриваются в достаточно широком смысле. Они представляют собой результат мыслительной деятельности человека, основанный на обработке данных и обобщении опыта, полученного в процессе практической деятельности. Они часто формируются эмпирическим путем и выражают закономерности, принципы, связи и законы, характерные для определенной предметной области. Знания позволяют специалистам ставить задачи и находить решения в рамках своей профессиональной деятельности. Их также можно рассматривать как структурированные данные или метаданные (данные о данных), которые организованы таким образом, чтобы обеспечивать понимание и применение в конкретных контекстах.

Следует отметить, что интеллектуальные помощники являются частным случаем *интеллектуальных систем*, то есть систем искусственного интеллекта, ядром которых является база знаний. В свою очередь важным классом интеллектуальных систем являются экспертные *системы,* которые ориентированные на тиражирование опыта высококвалифицированных специалистов в областях. Для полноты картины в дальнейшем будем рассматривать методы хранения и извлечения знаний для интеллектуальных систем (конкретно для помощников выбираются наиболее подходящие методы в зависимости от задачи).

*База знаний* — это необходимый элемент для функционирования интеллектуальных систем, так как она предоставляет контекст, термины, правила и данные, на основе которых система может помогать пользователю, предоставляет корректные ответы или рекомендации. Можно понимать базу знаний как хранилище всех знаний, необходимых для работы системы. Без базы знаний интеллектуальные системы ограничивалась бы только знаниями, заложенными в неё при обучении модели искусственного интеллекта, на которой она основана.

Для формализации структуры знаний существуют различные *языки представления знаний*. Это формальные системы, которые используются для описания знаний, их хранения, обработки и использования в информационных системах. Именно они и заложены в базах знаний. Языки представления знаний, которые будут подробнее рассмотрены далее, основаны на теориях из когнитивной психологии, а также имеют за собой формальные доказательства эффективности в виде теорем. Именно поэтому они хорошо показывают себя на практике, хотя и имеют как сильные стороны, так и недостатки.

### 1.1 Продукционные системы

*Продукционная система* — это модель представления знаний, в которой знания представляются в виде продукций (правил) вида "Если <условие>, то <действие>". Структура продукционной системы включает: базу данных (множество фактов), базу правил (набор продукций) и интерпретатор (механизм логического вывода). Продукционные системы делят на два типа — с прямыми и обратными выводами. При прямом выводе рассуждение ведётся от данных к гипотезам. При обратном производится поиск доказательства или опровержения некоторой гипотезы (от цели к данным). Продукционная модель чаще всего применяется в промышленных экспертных системах. Она привлекает разработчиков своей наглядностью, высокой модульностью, лёгкостью внесения дополнений и изменений и простотой механизма логического вывода. Из минусов, для сложных предметных областей требуется огромное количество правил, а с ростом числа правил система становится медленной (из-за увеличения числа проверок во время логического вывода). Также приходится придумывать эвристики для решения конфликтов между допустимыми продукциями, которые возникают при логическом выводе.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, диаграмма, Шрифт

Автоматически созданное описание

Рисунок 1.1 Пример цепочки вывода в продукционной системе

### 1.2 Семантические сети

Существуют различные виды *семантических сетей*, но все они отображают информацию в виде графа, где узлы представляют понятия, а ребра — отношения между ними. Также уточняются атрибуты узлов и типы связей (например, “свойство”, “действие”, “подкласс”, “ассоциация”). Семантических сетей позволяют хранить большие объёмы данных в структурированном и понятном для человека и системы виде. Они достаточно гибкие, универсальные и естественным образом отражают знания из реального мира. Они подходят для описания различных предметных областей и используются в широком спектре задач. Также на их основе можно делать логические выводы и находить скрытые связи между сущностями. Среди недостатков можно выделить проблемы с нечеткими знаниями (трудно интегрировать знания, которые не имеют четко определенных границ или содержат вероятностные характеристики), перегруженность деталями (при попытке отразить все аспекты предметной области сеть становится избыточно сложной, что затрудняет её использование), а также сложность определения такого разнообразия связей, чтобы оно было достаточным для отражения различных аспектов предметной области.

Изображение выглядит как текст, диаграмма, снимок экрана, Шрифт

Автоматически созданное описание

Рисунок 1.2 Пример семантической сети

### 1.3 Фреймы

*Фреймы* — это модель описания человеческих знаний в виде связанной совокупности крупных структурных единиц, каждая из которых содержит данные, описывающие определённую ситуацию. Фреймы отражают структуру знаний в виде объектов с атрибутами и связями. Каждый фрэйм имеет имя и слоты (атрибуты фрейма, которые описывают его свойства или характеристики). Каждый слот имеет имя, значение (конкретные данные, неинициализированные данные или ссылки на другие фреймы) и/или демоны (процедуры, выполняемые при изменении значения). Дополнительно для значений слотов можно указать значение по умолчанию и дескрипторы (требования). Посредством слотов фреймы могут образовывать иерархические структуры (это позволяет экономить ресурсы при описании большого числа объектов с общими свойствами). Фреймовая модель наглядна, легко расширяется и модифицируется. Также она предоставляет большую свободу при описании знаний, что делаеи её универсальной.

Изображение выглядит как текст, диаграмма, Параллельный, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 1.3 Пример описания знаний с помощью фреймов

### 1.4 Онтологии

*Онтология* — это модель представления знаний, которая описывает объекты, их свойства, отношения между ними и правила взаимодействия в определённой предметной области. Основными компонентами онтологии являются: классы (понятия), экземпляры (конкретные объекты), свойства (атрибуты объектов), отношения (связи между объектами), а также аксиомы и правила, задающие ограничения и закономерности.

Онтологии структурируют знания в иерархическом виде, где классы и их подклассы связаны отношениями наследования. Например, класс *«Животное»* может включать подкласс *«Млекопитающее»*, а тот, в свою очередь, подкласс *«Собака»*. Свойства и отношения описывают характеристики объектов и их взаимосвязи, например: *«У собаки есть хозяин»*, *«Собака — это млекопитающее».*

Онтологии широко применяются в семантических веб-технологиях, экспертных системах и интеллектуальных помощниках для описания и объединения данных из различных источников, автоматизации логического вывода и обеспечения взаимопонимания между системами.

Типы онтологий делят по степени их общности:

* *Онтологии представления*: описывают область представления знаний, создают язык для спецификации других онтологий более низких уровней.
* *Онтологии верхнего уровня*: предназначены для повторного использования в различных предметных областях.
* *Онтологии предметных областей*: моделируют знания в конкретной предметной области.
* *Прикладные онтологии*: разрабатываются для конкретных программных приложений.

Преимущества онтологий:

* Универсальность и стандартизация описания знаний.
* Возможность представления сложных взаимосвязей между объектами.
* Логический вывод, позволяющий автоматически получать новые знания на основе существующих.
* Простота интеграции данных из разных источников.

Недостатки онтологий:

* Сложность и трудоёмкость создания для больших предметных областей.
* Высокая чувствительность к ошибкам: некорректные аксиомы или отношения могут исказить вывод.
* Ограничения в описании динамических или неопределённых знаний.

Онтологии наиболее полезны в задачах, где требуется стандартизация описания знаний, семантический анализ данных, интеллектуальный поиск и интеграция информации

Изображение выглядит как текст, диаграмма, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

Рисунок 1.4 Пример онтологии со свойствами и ограничениями на их значениях

## Методы извлечения знаний

Для создания интеллектуальных систем необходимо наполнить их базу знаний. Процесс извлечения знаний — это ключевой этап, который включает в себя сбор, анализ и преобразование информации в структурированный вид, пригодный для работы системы. В настоящее время большинство разработчиков интеллектуальных систем отмечают, что процесс извлечения знаний остается самым «узким» местом при построении промышленных экспертных систем.

Существует множество методов извлечения знаний, которые можно условно разделить на две категории: *с участием человека* (например, экспертов или пользователей) и *автоматические* (основанные на алгоритмах обработки данных). Эти подходы часто сочетаются, чтобы обеспечить высокую точность и полноту знаний.

### 2.1 Методы извлечения знаний с участием человека

Методы с участием человека требуют человеческого вмешательства на различных этапах извлечения знаний. Эти методы трудозатратны, занимают много времени и склонны к потере информации по мере её прохождения между разными этапами, но тем не менее они полезны в случаях, когда необходимо работать со сложными и неструктурированными данными, где автоматические методы могут быть неэффективными. Данные методы можно разделить на *коммуникативные* и *текстологические*.

#### Коммуникативные методы

Коммуникативные методы основаны на взаимодействии аналитиков (инженеров по знаниям, которые специализируются на заполнении баз знаний) с экспертами в предметной области. Также зачастую привлекаются обычные пользователи для тестирования полученной базы знаний. Данные методы делятся на: *пассивные (э*ксперт не вовлекается напрямую в процесс передачи знаний) и *активные* (предполагают активное взаимодействие между аналитиком и экспертом для получения знаний).

Пассивные методы:

* **Наблюдение** — аналитик наблюдает за работой эксперта.
* **Протокол мыслей вслух** — аналитик пассивно слушает эксперта.
* **Лекции** — эксперт делится своими знаниями в формате лекции.

Активные методы можно дополнительно разделить на *индивидуальные* (когда задействуется один эксперт) и *групповые (задействуется одновременно несколько экспертов).*

Индивидуальные:

* **Интервью** —эксперт и аналитик общаются один на один.
* **Анкетирование** — эксперт отвечает на вопросы письменно, за счёт чего ответы даются в более сжатой и лаконичной форме.
* **Экспертные игры** — основаны на моделировании ситуаций или задач в игровой форме.

Групповые:

* **Мозговой штурм** — метод генерации идей, при котором группа экспертов предлагает как можно больше решений задачи без критики, а затем выбирает наиболее подходящие.
* **Круглый стол** — метод обсуждения, где эксперты обмениваются мнениями и анализируют проблему, стремясь прийти к консенсусу или выявить разные точки зрения.
* **Ролевые игры** — метод моделирования ситуаций, где эксперты принимают на себя роли участников системы, чтобы изучить её поведение и найти оптимальные решения.
* **Краудсорсинг** — использование широкой аудитории людей для сбора и классификации данных. Может включать в себя анкетирование, голосования или редактирование данных. Например, в WikiData пользователи могут вносить информацию о фактах, связывая их с соответствующими понятиями.

#### 2.1.2 Текстологические методы

Текстологические методы направлены на систематический анализ текстовых источников с целью выявления и формализации знаний. Эти методы применяются для работы с существующими документами и позволяют извлекать знания, которые трудно получить от экспертов или автоматическими средствами. Часто предполагают участие экспертов для интерпретации извлечённой информации. Требуют глубокого понимания контекста и терминологии.

* **Анализ учебников** — изучение учебных пособий для выделения базовых и систематизированных знаний по предметной области.
* **Анализ литературы** — исследование научных статей, монографий и других материалов для выявления новых знаний, закономерностей и подходов.
* **Анализ документов** — обработка нормативных актов, инструкций, отчётов и других документов для извлечения формализованных знаний, правил и процессов.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

Рисунок 2.1 Классификация методов извлечения знаний с участием человека

### 2.2 Автоматические методы извлечения знаний

Автоматические методы извлечения знаний предполагают минимальное вмешательство человека и основаны на использовании алгоритмов и программных средств для обработки больших объёмов данных. Эти методы особенно эффективны при работе со структурированными и полуструктурированными данными, а также в случае необходимости быстрой обработки больших текстовых корпусов. Автоматические методы позволяют значительно ускорить процесс извлечения знаний и уменьшить трудозатраты, однако они требуют качественных исходных данных и могут быть менее точными при работе с неструктурированной информацией.

Автоматические методы можно классифицировать в зависимости от степени структурированности обрабатываемых данных. Данные могут быть *структурированными*, *полуструктурированными* или *неструктурированными*. Каждый тип требует своих подходов и методов обработки.

#### 2.2.1 Методы для структурированных данных

*Структурированные данные* — это данные, организованные в виде фиксированных схем и таблиц (например, базы данных). Методы для их обработки обычно используют строгие алгоритмы и математические модели.

* **Извлечение закономерностей из баз данных** — поиск ассоциативных правил, зависимостей и повторяющихся паттернов в данных (например, метод анализа ассоциативных правил: алгоритм Apriori).
* **Классификация** — обучение моделей для предсказания класса объекта на основе известных данных (например, деревья решений, логистическая регрессия).
* **Регрессионный анализ** — построение математических зависимостей для прогнозирования количественных показателей.
* **OLAP-анализ (онлайн аналитическая обработка)** — многомерный анализ структурированных данных для выявления скрытых закономерностей и трендов.

#### 2.2.2 Методы для полуструктурированных данных

*Полуструктурированные данные* — это данные, которые не имеют жёсткой структуры, но содержат определённые теги или маркеры (например, XML-документы, JSON, HTML-страницы).

* **Извлечение знаний из веб-документов (веб-скрейпинг)** — автоматический сбор данных с веб-страниц и их преобразование в структурированную форму.
* **Анализ логов и системных сообщений** — обработка полуструктурированных лог-файлов для поиска ошибок, аномалий и закономерностей.
* **Автоматическое построение онтологий** — выявление концептов и отношений между ними из полуструктурированных текстов (например, из XML- или JSON-документов).
* **Информационный поиск и индексирование** — обработка и структурирование данных для быстрого поиска информации в больших массивах (например, поисковые системы).

#### 2.2.3 Методы для неструктурированных данных

*Неструктурированные данные* — это данные, не имеющие чёткой схемы или организации (например, тексты, изображения, аудио и видео). Методы обработки таких данных включают:

* **Text Mining (текстовый майнинг)** — автоматический анализ текстов для выявления ключевых слов, фраз, связей и закономерностей.
* **Обработка естественного языка (NLP)** — семантический, синтаксический и морфологический анализ текстов для понимания их структуры и значений.
* **Семантический анализ** — выявление смысловых отношений между словами и фразами.
* **Кластеризация текстов** — группировка текстовой информации на основе сходства (например, метод K-means, иерархическая кластеризация).
* **Автоматическое реферирование** — создание кратких аннотаций или резюме на основе исходного текста.
* **Извлечение именованных сущностей (NER)** — автоматический поиск и классификация сущностей (имен, дат, организаций) в текстах.
* **Анализ изображений и видео** — распознавание объектов и их отношений в визуальных данных с помощью методов машинного обучения и компьютерного зрения.
* **Анализ аудио** — обработка и распознавание речи для извлечения смысловой информации (например, конвертация в текст и анализ).

## 3. Как интеллектуальный помощник использует знания

Знания могут быть поданы интеллектуальному помощнику в разных формах, в зависимости от структуры и типа используемой базы знаний. Если знания представлены в формате графа (например, RDF, Neo4j), то надо либо обеспечить доступ к ним через внешний API, либо конвертировать их в текстовый формат, понятный помощнику. Приведём основные варианты использования базы знаний.

### 3.1 Как часть промпта

В этом случае база знаний предоставляется модели в виде контекста (части запроса). При запросе пользователя информация из карты знаний извлекается и добавляется в текстовый промпт.

Преимущества:

* Не требует дообучения модели.
* Быстрая интеграция базы знаний в систему.
* Возможность работать с регулярно обновляемыми данными без необходимости переобучения модели.

Ограничения:

* Большие базы знаний могут превышать лимит токенов модели (минимальных единицы запроса), поэтому база должна быть достаточно компактной, чтобы её можно было включить в запрос.

### 3.2 Дообучение модели (Fine-tuning)

База знаний используется как обучающая выборка для дообучения модели. Структурированная информация из базы преобразуется в текстовые пары вопрос-ответ или утверждение-контекст. Модель дообучается, чтобы «запомнить» и использовать знания из базы.

Преимущества:

* Модель становится лучше адаптированной к конкретной предметной области.
* Нет необходимости добавлять базу знаний в запросы: информация уже встроена в модель.

Ограничения:

* Fine-tuning требует больших вычислительных ресурсов.
* Неправильная подготовка данных для дообучения может ухудшить результаты.
* Если база знаний регулярно обновляется, потребуется проводить дообучение каждый раз.

### Интеграция через внешние API

Модель обращается к базе знаний за информацией во время выполнения запроса. Пользовательский запрос обрабатывается моделью, чтобы выделить ключевые сущности или отношения. Модель запрашивает релевантные данные из базы знаний. Ответ формируется на основе данных из базы и генеративных возможностей модели.

Преимущества:

* Позволяет работать с большими и обновляемыми базами знаний.
* Данные всегда актуальны, так как хранятся отдельно от модели.
* Экономит ресурсы на дообучение.

Ограничения:

* Требуется создание инфраструктуры для интеграции модели с базой знаний.
* Скорость ответа может быть ниже из-за необходимости выполнять запросы к базе.

### 4. Точки роста в области извлечения знаний

1. **Автоматизация и масштабируемость**  
   Методы автоматического извлечения знаний всё ещё несовершенны. Развитие алгоритмов, которые могут извлекать знания из больших массивов данных с минимальным вмешательством человека, является важным направлением.
2. **Улучшение качества обработки естественного языка**  
   Хотя современные модели NLP, такие как GPT или BERT, добились значительного прогресса, они не всегда точно извлекают сложные отношения или контекст. Требуются более точные методы анализа языка и разрешения неоднозначностей.
3. **Создание многоязычных и культурно-чувствительных помощников**  
   Многие интеллектуальные помощники работают преимущественно на английском языке. Развитие инструментов для извлечения знаний на других языках и с учетом культурных особенностей остаётся актуальной задачей.
4. **Интеграция с динамическими данными**  
   Современные системы должны уметь работать с постоянно обновляющимися данными, такими как новости, результаты исследований и изменения в законодательстве. Это требует разработки методов для обновления знаний в реальном времени.
5. **Гибридные подходы**  
   Комбинация автоматических методов извлечения знаний и экспертного подхода (ручная разметка) может повысить точность систем. Разработка таких гибридных методов может стать значимым шагом в этой области.
6. **Семантические технологии и онтологии**  
   Развитие методов создания семантических сетей и онтологий, которые обеспечивают глубокое понимание предметной области, является важным направлением для повышения эффективности интеллектуальных систем.
7. **Этические и правовые аспекты**  
   Работа с данными из различных источников требует учета вопросов приватности, авторского права и достоверности информации. Создание методов, обеспечивающих этичное извлечение знаний, становится всё более важным.

## Литература и интернет-ресурсы

1. Гаврилова Т. А., Кудрявцев Д. В., Муромцев Д. И. “Инженерия знаний. Модели и методы”. [Электронный ресурс]. URL: <https://vk.com/wall-204281522_202> (дата обращения: 17.12.2024).
2. Муштак О. И. "Извлечение знаний — особенности коммуникативных и текстологических методов при проектировании интеллектуальных информационных систем". Студентка 5 курса направления «Философия» Департамента философии Уральского гуманитарного института Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург. [Электронный ресурс]. URL: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/80575/1/episteme_2017_06.pdf> (дата обращения: 17.12.2024).
3. Четвёркин И. И. “Автоматизированное формирование базы знаний для задачи анализа мнений”. [Автореферат диссертации]. М.: МГУ, 2013. URL: <https://cs.msu.ru/sites/cmc/files/theses/201311-iic.pdf> (дата обращения: 17.12.2024).
4. Чуприна С. И., Минин А. С. “Искусственный интеллект и машинное обучение. Методы и средства построения онтологически управляемых систем приобретения знаний”. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-i-sredstva-postroeniya-ontologicheski-upravlyaemyh-sistem-priobreteniya-znaniy> (дата обращения: 17.12.2024).
5. 3Blue1Brown. "Neural networks". [Электронный ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLZHQObOWTQDNU6R1_67000Dx_ZCJB-3pi> (дата обращения: 17.12.2024).
6. SkillFactory. "Гайд по работе языковых моделей для начинающих"**.** [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/skillfactory/articles/837366/> (дата обращения: 17.12.2024).