


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 14.11.2024 11:10:49  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11e809f3e979a4a4851da50a029

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра программной инженерии

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
«15» 10 2024 г.



ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы  
для студентов направления подготовки 09.04.04 Программная инженерия

УДК 004

Составитель Т.Н. Конаныхина

Рецензент

к.т.н. Стародубцева Л.В.

Экспертные системы: методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов направления подготовки 09.04.04 Программная инженерия / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Т.Н. Конаныхина, Курск, 2024. 157 с.

Содержат методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Экспертные системы».

Методические указания по структуре, содержанию и стилю изложения материала соответствуют методическим и научным требованиям, предъявляемым к учебным и методическим пособиям.

Предназначены для студентов направления подготовки 09.04.04 Программная инженерия.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 18.10. Формат 60x84 1/16  
Усо.печ.л.0,29. Уч.-изд.л.0,26. Тираж 100 экз. Заказ: 1444 Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040. г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Лекционному и практическому занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. При работе с источниками и литературой необходимо:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прочитанное;
- фиксировать основное содержание прочитанного текста;
- формулировать устно и письменно основную идею текста; составлять план, формулировать тезисы.

Самостоятельную работу следует начинать с первых занятий. От занятия к занятию нужно регулярно прочитывать конспект лекций, знакомиться с соответствующими разделами учебника, читать и конспектировать литературу по каждой теме дисциплины. Самостоятельная работа дает студентам возможность равномерно распределить нагрузку, способствует более глубокому и качественному освоению учебного материала. В случае необходимости студенты обращаются за консультацией к преподавателю. Обязательным элементом самостоятельной работы по дисциплине является самоконтроль. Одной из важных задач обучения студентов способам и приемам самообразования является формирование у них умения самостоятельно контролировать и адекватно оценивать результаты своей учебной деятельности и на этой основе управлять процессом овладения знаниями. Овладение умениями самоконтроля приучает студентов к планированию учебного труда, способствует

углублению их внимания, памяти и выступает как важный фактор развития познавательных способностей. Самоконтроль включает:

- оперативный анализ глубины и прочности собственных знаний и умений;
- критическую оценку результатов своей познавательной деятельности.
- Самоконтроль учит ценить свое время, позволяет вовремя заметить и исправить свои ошибки. Формы самоконтроля могут быть следующими:
  - устный пересказ текста лекции и сравнение его с содержанием конспекта лекции;
  - составление плана, тезисов, формулировок ключевых положений текста по памяти;
  - пересказ с опорой на иллюстрации, чертежи, схемы, таблицы, опорные положения.

Самоконтроль учебной деятельности позволяет студенту оценивать эффективность и рациональность применяемых методов и форм умственного труда, находить допускаемые недочеты и на этой основе проводить необходимую коррекцию своей познавательной деятельности.

В самостоятельную работу по дисциплине «Экспертные системы» включено изучение материала по темам лекций, приведенного в этих методических указаниях.

Срок выполнения самостоятельной работы и время, затрачиваемое на её выполнение приведено в таблице.

№ раздела (темы)	Наименование раздела (темы) дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час
1	2	3	4
1.	Введение в экспертные системы	1-4 недели	5

2.	Основные компоненты экспертных систем	5-6 недели	5
3.	Представление и управление знаниями	6-8 недели	6
4.	Проблемы и подходы к разработке баз знаний	8-9 недели	6
5.	Инференция и неопределенность: основные методы экспертных систем	10-14 недели	6
6.	Развитие и будущее экспертных систем	15-18 недели	5,9
Итого			33,9

## **Введение в экспертные системы**

### **Определение экспертных систем**

Экспертные системы — это специализированные программные решения, которые используют логические правила и базы знаний для выполнения задач, требующих экспертного уровня принятия решений. Эти системы имитируют процесс мышления человека-эксперта и применяются в различных областях, от медицины до финансов, для решения сложных проблем и предоставления рекомендаций.

#### **Идея экспертных систем**

Экспертные системы стали важным элементом искусственного интеллекта в 70-80-х годах XX века, когда они начали активно применяться для автоматизации принятия решений. Они представляют собой комбинацию знаний, полученных от экспертов в конкретной области, и специальных алгоритмов, позволяющих интерпретировать эти знания. В отличие от обычных программ, которые следуют фиксированным алгоритмам, экспертные системы способны адаптироваться и обеспечивать решения на основе имеющихся данных и правил.

Система может «думать», как эксперт, благодаря своей базе знаний и механизму вывода. Базы знаний содержат факты и правила, которые описывают, как применять эти факты для получения новых знаний или выводов. Механизм вывода, или индукционная система, использует эту базу для вывода логических заключений.

#### **Структура экспертной системы**

Экспертные системы состоят из нескольких ключевых компонентов:

1. База знаний: Основной элемент, в котором хранятся знания о конкретной предметной области. База знаний состоит из двух частей:
  - Фактическая информация: Данные, представляющие реальные характеристики объектов или систем (например, классические медицинские диагнозы или технические условия продуктов).

- Правила вывода: Условия, описывающие связь между фактами. Они могут быть в формате "если... то...", что позволяет формулировать логические выводы (например, "если температура превышает 40°C, то пациент имеет жар").
2. Инференционная система: Это механизмы, отвечающие за обработку правил и фактов в базе знаний. Инференционная система может использовать два подхода:
    - Прямой вывод: Начинает с имеющихся фактов и применяет правила.
    - Обратный вывод: Начинает с гипотезы и ищет факты, которые могут её подтвердить или опровергнуть.
  3. Пользовательский интерфейс: Это компонент, который обеспечивает взаимодействие между пользователем и системой. Он отвечает за ввод данных пользователем и представление выводов системы в удобной форме.
  4. Объяснительная система: Некоторые экспертные системы могут также включать модуль, который объясняет пользователю, как система пришла к конкретному выводу. Это особенно важно в областях, где необходима высокая степень доверия, например, в медицине.
  5. Система управления знанием: Со временем экспертные системы могут обогащаться новыми знаниями и правилами. Система управления знанием обеспечивает инструменты для обновления базы знаний и ее оптимизации.

Как работают экспертные системы

Процесс работы экспертной системы можно рассмотреть в несколько этапов:

1. Сбор данных: Пользователь вводит данные о текущей ситуации, проблеме или диагностируемом случае. Это может быть сделано через формы, графические интерфейсы или текстовые команды.

2. **Обработка данных:** Инференционная система обрабатывает введенные данные, комбинируя их с фактами и правилами, хранящимися в базе знаний.
3. **Вывод результата:** На основе анализа система генерирует рекомендацию или решение, которое может включать в себя диагноз, рекомендацию по лечению, план действий и так далее.
4. **Объяснение вывода:** При необходимости система может предоставить объяснение своего вывода, указывая на использованные правила и факты.

#### Преимущества и недостатки

Экспертные системы имеют свои плюсы и минусы, которые необходимо учитывать при их разработке и внедрении.

#### Преимущества:

- **Скорость и эффективность:** Экспертные системы способны быстро обрабатывать большие объемы данных и предоставлять решения, значительно сокращая время, необходимое для принятия решений.
- **Доступ к знаниям:** Системы расширяют доступ к знаниям, которые могут быть недоступны для многих пользователей, особенно в узкоспециализированных областях.
- **Согласованность в решениях:** Экспертные системы дают возможность избежать человеческих ошибок и обеспечивают согласованность в принятии решений.
- **Обучение и поддержка:** Могут использоваться для обучения и поддержки пользователей в процессе принятия решений.

#### Недостатки:

- **Ограниченность базы знаний:** Качество решений экспертной системы зависит от полноты и актуальности базы знаний. Если система не сможет охватить все аспекты темы, она может давать неправильные выводы.



- Высокие затраты на разработку: Процесс проектирования и реализации экспертной системы может быть затратным и трудоемким.
- Трудности с обновлением: Поддержание актуальности базы знаний и правил требует постоянного внимания и ресурсов.
- Проблемы с пониманием: Пользователи могут не всегда понимать, как система пришла к тем или иным выводам, что может снизить доверие к ней.

#### Будущее экспертных систем

В последние годы наблюдается ускоренное развитие технологий, связанных с искусственным интеллектом и машинным обучением. Эти технологии открывают новые возможности для усовершенствования экспертных систем. Совершенствование алгоритмов позволит системам не только обрабатывать структурированные данные, но и учитывать неструктурированные данные, что возможно с помощью технологий обработки естественного языка (NLP).

Экспертные системы будут продолжать расширять свои возможности, интегрируясь с другими технологиями, такими как большие данные, облачные вычисления и IoT, что сделает их более мощными и эффективными инструментами в принятии решений. В будущем можно ожидать появления более интуитивных и доверительных систем, которые будут лучше взаимодействовать с пользователями и адаптироваться к их потребностям.

## **История и развитие экспертных систем**

Экспертные системы, являясь одной из ключевых областей искусственного интеллекта (ИИ), представляют собой программные решения, способные имитировать решения человека-эксперта в определенной предметной области. Их развитие имеет долгую и многогранную историю, охватывающую несколько десятилетий. В этом обзоре мы рассмотрим основные этапы и вехи в истории экспертных систем, их методы разработки и применение в различных сферах.

### ***Начало 1960-х годов: Зарождение идеи***

Концепция экспертных систем начала формироваться в начале 1960-х годов, когда ученые начали осознавать потенциал компьютеров в области решения сложных задач. Одним из первых проектов стало создание системы DENDRAL в 1965 году, разработанной в Стэнфордском университете для анализа химических структур. DENDRAL использовала правила и знания для идентификации структур молекул, что положило начало применению компьютеров для экспертного анализа.

В то же время другие проекты, такие как MYCIN, начали развиваться. MYCIN, созданный в 1970-х годах в Стэнфордском университете, был предназначен для диагностики заболеваний и назначения антибиотиков. Эта система могла задавать вопросы врачам для получения необходимой информации и давать рекомендации по лечению на основе базы знаний о медицинских данных. MYCIN считается одной из самых известных экспертных систем раннего периода и продемонстрировала потенциал такой технологии в медицине.

### ***1970-е годы: Первая волна интереса***

В 1970-х годах последовало активное развитие экспертных систем. Специалисты начали осознавать их значимость и практическое применение в различных областях. В рамках программы DARPA в США различные исследовательские группы получали финансирование на разработку экспертных систем для решения сложных задач.

Другими значимыми проектами стали системы XCON (или R1), разработанная для настройки компьютерных систем в компании Digital Equipment Corporation, и PROSPECTOR, предназначенная для геологических исследований. Эти системы показали, что экспертные системы могут быть использованы в бизнесе и промышленности, обеспечивая поддержку принятия решений в реальных условиях.

К концу 1970-х эксперты пришли к осознанию ограничений таких систем. Хотя экспертные системы продемонстрировали свою эффективность, они все еще требовали значительных усилий для создания и обновления базы знаний. Кроме того, их работа была затруднена в ситуациях, где информация была неполной или противоречивой.

### ***1980-е годы: Расцвет и коммерциализация***

С начала 1980-х годов интерес к экспертным системам значительно возрос. Разработка языков программирования, таких как LISP и Prolog, упростила создание и модификацию экспертных систем, что способствовало их распространению. Многие компании начали инвестировать в исследование и разработку технологий, связанных с экспертными системами.

В этот период появились специализированные инструменты и среды для разработки, такие как Курсор (Knowledge Craft) и Expert Systems Toolchest. Эти инструменты позволяли более легко создавать системы без необходимости глубокого программирования. Коммерциализация экспертных систем привела к созданию более 1000 различных приложений в бизнесе, медицине, технике и других областях.

Системы, такие как SHERLOCK, известные своей способностью решать проблемы по ремонту оборудования, и CADUCEUS, внедренная в здравоохранение для диагностики заболеваний, стали признаком растущей зрелости технологии. Эти системы более успешно справлялись с информацией и предоставляли более точные рекомендации благодаря более развитым механизмам вывода и обработке данных.

### ***1990-е годы: Интеграция с другими технологиями***

С начала 1990-х годов наблюдается интеграция экспертных систем с другими технологиями искусственного интеллекта, такими как нейронные сети и генетические алгоритмы. Это привело к созданию гибридных систем, которые совмещали в себе различные методы обработки данных и вывода.

В это время также произошло увеличение числа коммерческих решений, основанных на экспертных системах. В условиях глобализации и жесткой конкуренции компании начали использовать такие системы для оптимизации производственных процессов, управления качеством и повышения уровня обслуживания клиентов. Применение экспертных систем стало стандартом в финансовом секторе, где системы помогали в управлении активами и оценке кредитоспособности.

Кроме того, в 1990-е годы экспертные системы начали активно использоваться в таких областях, как управление проектами, защита окружающей среды и агрономия. Развивались и системы поддержки принятия решений, которые сочетали функциональность экспертных систем с аналитическими инструментами.

### ***2000-е годы: Упрощение доступа и внедрение***

На рубеже нового века экспертные системы начали интегрироваться с интернет-технологиями. Появление веб-приложений сделало системы проще в доступе и использовании, что открыло новые возможности для их применения в разных областях. Веб-системы также обеспечили возможность более легкого обновления базы знаний.

Кроме того, в 2000-х годах началось активное развитие технологий машинного обучения и анализа больших данных. Это внесло значительные изменения в подходы к созданию экспертных систем, позволив им эффективно обрабатывать огромные объемы данных и находить закономерности, которые ранее были недоступны для классических систем.

Развитие мобильных технологий привело к созданию приложений, использующих экспертные системы в направлениях, таких как медицина, где врачи смогли получать рекомендации по лечению на своих мобильных

устройствах. Системы начали внедряться и в здравоохранение для поддержки врачей в процессе диагностики и выбора лечения.

### ***2010-е и позже: Искусственный интеллект и будущее***

С начала 2010-х годов экспертные системы начали активно использовать элементы глубокого обучения и обработки естественного языка. Эти технологии открыли новые горизонты для систем, позволяя им обрабатывать информацию более естественным образом и обеспечивать более точные рекомендации.

Современные экспертные системы становятся все более интуитивно понятными и доступны для пользователей. Например, продажа и внедрение облачных решений позволяют компаниям легко интегрировать экспертные системы в свои бизнес-процессы без значительных затрат на инфраструктуру.

Системы стали важным инструментом в области здравоохранения, позволяя врачам улучшать качество диагностики, а также более эффективно управлять данными пациентов. Новые решения также внедряются в финансы для анализа рисков и предотвращения мошенничества.

## **Типы экспертных систем**

Экспертные системы можно классифицировать по нескольким критериям, включая структуру базы знаний, тип используемых методов, область применения и способ взаимодействия с пользователями.

### **1.1. По методам и технологиям**

#### **1.1.1. Системы с фиксированными правилами**

Эти системы используют заранее определённые правила вывода, которые формализуют знания экспертов в определенной области. Правила обычно имеют вид "если... то...".

- **Пример:** медицинская экспертная система, где может быть правило: если у пациента есть температура выше 38°C и кашель, то возможно, он болен гриппом.

Фиксированные правила легко понять и контролировать, однако они имеют ограничения в гибкости и могут не учитывать все возможные сценарии.

### **1.1.2. Системы, использующие машинное обучение**

В отличие от фиксированных систем, экспертные системы, использующие машинное обучение, способны адаптироваться и улучшаться на основе нового опыта. Они обучаются на данных, извлекая закономерности и находя связи между входными данными и выводами.

- **Пример:** система диагностики заболеваний, которая анализирует данные о пациентах и их историях болезней, чтобы предсказать вероятные диагнозы.

Системы, основанные на машинном обучении, могут быть более точными и эффективными, чем их фиксированные аналоги, однако требуют значительных объемов данных и могут быть сложны в интерпретации.

### **1.1.3. Системы с нечеткой логикой**

Эти системы применяют принципы нечеткой логики для обработки неопределенности и неопределенных данных. Они позволяют более гибко подходить к восприятию информации и принимать решения в условиях неопределенности.

- **Пример:** система управления климатом в здании, где "холодно" и "тепло" могут быть определены не жестко, а в диапазонах, что позволяет более точно регулировать температуру.

### **1.1.4. Нейросетевые экспертные системы**

Эти системы используют искусственные нейронные сети для анализа данных и принятия решений. Они могут эффективно работать с большими объемами данных и выявлять сложные шаблоны, которые могут быть недоступны при использовании традиционных методов.

- **Пример:** система распознавания образов, которая может классифицировать медицинские изображения (например, рентгеновские снимки) для выявления заболеваний.

## 1.2. По области применения

### **1.2.1. Медицинские экспертные системы**

Эти системы помогают врачам в диагностике, лечении и мониторинге пациентов. Например, система может анализировать симптомы и предлагать возможные диагнозы или план лечения на основе базы данных медицинских знаний.

### **1.2.2. Финансовые экспертные системы**

Используются для анализа рыночных данных, оценки рисков и поддержки инвестиционных решений. Они могут предсказывать рыночные тренды и оценивать финансовые инструменты на основе исторических данных.

### **1.2.3. Промышленные и производственные экспертные системы**

Могут использоваться для мониторинга процессов, диагностики неисправностей и оптимизации производства. Например, системы контроля качества могут анализировать параметры производства и сигнализировать о возможных отклонениях.

### **1.2.4. Системы управления проектами и ресурсами**

Эти системы помогают менеджерам в планировании, организации и контроле проектов. Они могут оценивать ресурсы и предлагать оптимальные решения для выполнения задач.

## 1.3. По способу взаимодействия с пользователями

### **1.3.1. Интерфейсные системы**

Системы с графическим интерфейсом пользователя (GUI), которые позволяют пользователю взаимодействовать с системой, вводить данные и получать результаты, часто в виде визуализаций. Примеры таких систем включают медицинские системы, где врач может вводить симптомы пациента и получать графическое представление возможных диагнозов.

### **1.3.2. Чат-боты и текстовые интерфейсы**

Эти системы используют текстовые команды для взаимодействия с пользователем. Чат-боты могут отвечать на вопросы и предоставлять советы

на основе вводимых данных от пользователя. Такие системы часто применяются в службах поддержки и консультирования.

### **Применение и значение экспертных систем в различных областях**

Экспертные системы находят применение в различных областях, включая:

1. Медицина: Используется для диагностики заболеваний, назначения лечения и медицинских консультаций. Системы, такие как MYCIN, помогли врачам в выборе наиболее подходящих антибиотиков для лечения инфекций.
2. Финансовые услуги: Экспертные системы помогают в финансовом анализе, управлении активами, а также в оценке рисков и кредитоспособности клиентов.
3. Инженерия: Системы используются для проекторочного анализа, контроля качества и технического обслуживания. Они помогают выявлять проблемы и оптимизировать процессы.
4. Сельское хозяйство: Экспертные системы могут анализировать климатические данные и рекомендации для управления культурами и животноводством.
5. Кибербезопасность: Используются для выявления угроз и анализа уязвимостей в системах безопасности.



## Глава 1: Основные компоненты экспертных систем

### 1.1. Архитектура системы

Чтобы лучше понять роль механизма вывода, полезно рассмотреть архитектуру экспертной системы в целом. В типичной архитектуре выделяют следующие компоненты:

- База знаний (Knowledge Base, KB) — включает в себя факты и правила, которые описывают экспертные знания в определенной области.
  - Механизм вывода (Inference Engine, IE) — ответственность за обработку данных, полученных из базы знаний, и формирование выводов или рекомендаций.
  - Интерфейс пользователя (User Interface) — часть системы, через которую пользователи взаимодействуют с программой, вводят данные и получают результаты.
  - Объяснительный модуль (Explanation Module) — предоставляет пользователю объяснения, как были получены определенные выводы или рекомендации.
  - База данных (Database) — используется для хранения актуальных данных, необходимых для анализа.
  - Модуль обучения (Learning Module) — это компонент экспертной системы, который отвечает за улучшение её работы на основе новых данных и опыта. Может присутствовать не во всех экспертных системах.
- Рассмотрим эти модули подробнее.

#### База знаний

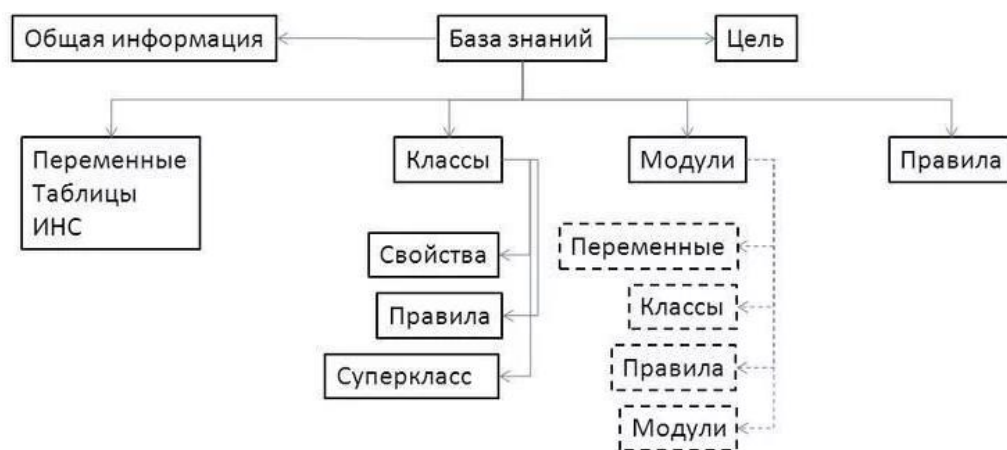
Экспертные системы представляют собой специализированные программы, разработанные для имитации человеческого экспертного мышления и принятия решений в определенной области. Они широко применяются в медицине, финансах, инженерии и многих других сферах. Одним из ключевых компонентов экспертной системы является база знаний. В этом разделе

мы подробно рассмотрим, что такое база знаний, её значимость, структурные элементы и типы, а также примеры реализации.

### Понятие базы знаний

База знаний — это организованный набор информации, который хранит факты, правила, отношения и другие данные, чтобы помочь системе в осуществлении вывода, рассуждений и принятия решений. Она является основой любой экспертной системы, обеспечивая хранение и доступ к информации, необходимой для решения задач.

### Структура базы знаний



База знаний может быть представлена в различных форматах в зависимости от задач, которые она должна решать. Основные компоненты базы знаний включают:

1. Факты: Это основные единицы информации, которые описывают предметную область. Факты могут быть представителями данных, такими как "пациент имеет гипертонию", или "материал имеет прочность 400 МПа".
2. Правила: Это логические утверждения, которые связывают факты и помогают делать выводы. Правила могут быть записаны в форме "если-то" (IF-THEN), например: "Если пациент имеет высокое давление, то назначить антигипертензивное средство".
3. Отношения: База знаний также может содержать информацию о взаимосвязях между фактами. Например, связь между симптомами и болез-

ниями. Это позволяет системе понимать, как различные элементы взаимодействуют друг с другом.

4. **Объяснительные модули:** Важной частью базы знаний является возможность объяснить выводы и рекомендации, основанные на правилах и фактах. Такие модули помогают пользователям понять, почему система сделала тот или иной вывод.



### Процесс создания базы знаний

Создание базы знаний — это сложный и многогранный процесс, который обычно включает несколько этапов:

1. **Сбор данных:** На первом этапе необходимо собрать информацию из различных источников, таких как научные статьи, эксперты в области, отчетность и техническая документация.
2. **Анализ данных:** После сбора данных происходит их анализ и оценка, чтобы определить, какая информация будет полезной для системы.
3. **Формализация знаний:** Знания должны быть структурированы и записаны в понятной для системы форме. Это может включать разработку правил, фактов и логических связей.

4. Тестирование и верификация: На этом этапе база знаний тестируется на правильность и точность. Проверяется, могут ли правила и факты корректно использоваться для генерации выводов.
5. Поддержка и обновление: База знаний требует постоянного обновления, чтобы оставаться актуальной. Новые данные, исследования и изменения в области должны быть интегрированы в систему.

#### Типы баз знаний

Существует несколько типов баз знаний в зависимости от специфики обрабатываемой информации:

1. Декларативные базы знаний: Хранят факты и утверждения о предметной области. Например, базы данных, содержащие медицинские диагнозы и соответствующие им лекарства.
2. Процедурные базы знаний: Содержат информацию о том, как выполнять определенные задачи, включая пошаговые инструкции и алгоритмы.
3. Гибридные базы знаний: Сочетают элементы декларативного и процедурного подходов. Они могут использовать как факты, так и методы для выполнения задач и извлечения выводов.
4. Динамические базы знаний: Эти базы могут адаптироваться и изменяться в ответ на новые входные данные или условия, что особенно важно для быстроменяющихся областей, таких как медицина.

#### Пример реализации базы знаний

Для лучшего понимания работы базы знаний, рассмотрим пример применения экспертной системы в медицине:

Предположим, существует система для диагностики заболеваний на основе симптомов. В её базе знаний могут находиться следующие компоненты:

- Факты:
  - Симптомы: "кашель", "лихорадка", "затрудненное дыхание".
  - Болезни: "грипп", "пневмония", "COVID-19".
- Правила:

- Если у пациента есть "кашель" и "лихорадка", тогда возможные диагнозы: "грипп" или "COVID-19".
- Если симптомы включают "затрудненное дыхание" вместе с "лихорадкой", это может указывать на "пневмонию".
- Отношения:
  - Связь между симптомами и потенциальными диагнозами.
  - "грипп" и "COVID-19" могут возникать при похожих симптомах, что создает конкурирующие диагнозы.

Система будет использовать эту базу знаний для анализа введенных симптомов, применяя правила и факты для генерации возможных диагнозов и рекомендаций.

Преимущества и недостатки базы знаний

Каждая база знаний имеет свои плюсы и минусы.

Преимущества:

- Централизация информации: База знаний организует информацию, что облегчает доступ к ней и улучшает управление знаниями.
- Повышение точности: Использование формализованных правил и фактов помогает снизить вероятность ошибок, возникающих при человеческом анализе.
- Автоматизация процессов: База знаний может автоматизировать множество задач, освобождая время профессионалов для более сложных задач.
- Улучшение обучения: Объяснительные модули помогают обучать пользователей и других сотрудников, улучшая их понимание процессов.

Недостатки:

- Сложность создания: Процесс разработки базы знаний может быть длительным и сложным, требующим значительных ресурсов.
- Необходимость постоянного обновления: Для поддержания актуальности базы знаний требуется регулярное обновление данных и правил.

- Зависимость от качества данных: Если база знаний изначально содержит ошибочные или устаревшие данные, это может привести к неправильным выводам.

#### Будущее баз знаний в экспертных системах

Будущее баз знаний в экспертных системах связано с развитием технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение. Это открывает новые возможности для создания более сложных и адаптивных баз знаний, которые могут автоматически обновляться на основе новых данных и исследований. За счет интеграции с большими данными и аналитикой, базы знаний могут стать более эффективными инструментами в принятии решений.

База знаний является основным компонентом экспертных систем, определяющим их эффективность и полезность. Она предоставляет структуру для хранения, организации и извлечения информации, необходимых для поддержки принятия решений. Несмотря на сложности, которые могут возникнуть при создании и поддержке базы знаний, её значимость в современных экспертных системах невозможно переоценить. База знаний позволяет системам работать максимально эффективно, помогая пользователям справляться с комплексными задачами и находить оптимальные решения.

### **Инференционная система**

Инференционная система представляет собой компонент экспертной системы, который отвечает за обработку информации, содержащейся в базе знаний, и делает на её основе выводы или рекомендации. По сути, инференционная система выполняет логическую интерпретацию фактов и правил, формируя выводы, основанные на известных данных и логических операциях.

#### Основные функции инференционной системы

Инференционная система выполняет несколько ключевых функций:

1. Выводы на основе правил: Система может использовать заданные логические правила для вывода новых фактов из имеющихся данных. Это может осуществляться через прямое применение правил или через сложные логические операции.
2. Обработка неопределенности: В реальных задачах информация часто бывает неполной или неточной. Инференционная система может включать механизмы обработки неопределенности, такие как вероятностные модели или подходы нечеткой логики.
3. Объяснение выводов: Одна из важных функций инференционной системы — это способность объяснять, как она пришла к тем или иным выводам, что помогает пользователю понять логику системы и повысить доверие к её рекомендациям.
4. Обновление базы знаний: Инференционная система может вносить изменения в базу знаний на основе новых фактов и правил, которые появляются в результате её анализа.

#### Структура инференционной системы

Инференционная система обычно состоит из следующих основных элементов:

1. Механизм вывода: Это центральный элемент, который управляет процессом логического вывода. Он использует правила и факты, чтобы генерировать новые выводы или рекомендации. Наиболее распространенные методы вывода включают:
  - Дедуктивный вывод (deductive reasoning): Выводы делаются на основе генерализации из общих правил к конкретным случаям.
  - Индуктивный вывод (inductive reasoning): Выводы формируются на основе наблюдения конкретных случаев и обобщения их в правила.
  - Абдуктивный вывод (abductive reasoning): Используется для создания наилучших объяснений для наблюдаемых фактов.

2. Правила вывода: Это набор if-then (если-то) утверждений, которые инференционная система использует для обработки информации. Например, правило "Если пациент жалуется на кашель и лихорадку, то это может быть признаком гриппа" будет направлять процесс вывода.
3. Рабочая память: Это область, где временно хранятся данные о текущем состоянии системы, флеш-данные и результаты промежуточных выводов. Рабочая память обновляется по мере обработки новых данных и правил.
4. Интерфейс пользователя: Современные инференционные системы должны обеспечивать удобство взаимодействия для пользователя, позволяя ему вводить данные и получать выводы в наглядном формате.

#### Механизмы работы инференционной системы

Инференционная система работает в несколько этапов:

1. Ввод данных: Пользователь вводит данные или факты о конкретной ситуации через интерфейс.
2. Сопоставление с правилами: Инференционная система сравнивает введенные данные с правилами, хранящимися в базе знаний, чтобы определить, какие из них применимы.
3. Применение выводов: На основе сопоставления система начинает процесс вывода, применяя подходящие правила к имеющимся фактам для формулирования новых выводов или рекомендаций.
4. Обновление знаний: Если в результате анализа система получает новые знания, они могут быть добавлены в базу знаний, что позволяет повысить точность выводов в будущем.
5. Объяснение результатов: После генерации вывода система может предоставить объяснение, которое показывало, как она пришла к этому заключению.

Примеры применения инференционных систем

#### **Механизм вывода**



Механизм вывода является ядром экспертной системы. Он отвечает за следующие функции:

- Обработка входных данных: анализирует информацию, полученную от пользователя или из базы данных.
- Применение правил: использует заданные правила для формирования выводов на основе входных данных.
- Динамическое принятие решений: позволяет системе адаптироваться к новым данным и ситуациям, извлекая информацию и обновляя свои выводы по мере получения новых данных.

### 3. Принципы работы механизма вывода

Механизм вывода может работать по различным принципам, но чаще всего используют два основных метода: дедукцию и индукцию.

#### Дедуктивный вывод

Дедукция предполагает использование логических правил для вывода окончательных выводов на основе имеющейся информации. В экспертных системах с фиксированными правилами, таких как системы на основе логики первого порядка, дедукция реализуется в следующем порядке:

1. Получение фактов: Система получает факты из базы знаний или от пользователя.
2. Проверка правил: Механизм вывода проверяет, какие правила применимы к текущим фактам. Правила формулируются в виде "если... то...".
3. Формирование вывода: Если правило соответствует текущим фактам, то механизм выводит результат, который также становится частью базы знаний.

#### Пример

Предположим, у нас есть правило: "Если пациент кашляет и у него высокая температура, то он, возможно, болен гриппом". Если система получает информацию о том, что у пациента есть кашель и температура 39°C, то она

может вывести на основании данного правила, что пациент возможно болен гриппом.

### Индуктивный вывод

Индукция, напротив, представляет собой процесс формирования общих принципов на основе конкретных наблюдений. В медицинских системах, которые учатся на данных, индуктивный вывод может осуществляться с использованием методов машинного обучения. Система обучается на наборах данных и, в конечном итоге, выявляет закономерности, которые затем могут быть использованы для предсказания новых случаев.

### Пример

Система может изучить большое количество случаев гриппа, выявляя общие симптомы и характеристики, а затем использовать эти данные для предсказания, что новый пациент с аналогичными признаками будет также болен гриппом.

Существует несколько распространенных алгоритмов вывода, используемых в экспертных системах:

### Механизм выводов "Прямой" и "Обратный"

- Прямой вывод (Forward Chaining) — работает от фактов к выводам. Система начинает с имеющихся данных и применяет правила, чтобы вывести новые факты. Это итеративный процесс, пока не будут достигнуты все возможные выводы.
- Обратный вывод (Backward Chaining) — работает от целей к фактам. Система начинает с постановки цели и проверяет, какие факты должны быть выполнены, чтобы достичь этой цели. Если необходимые факты не известны, система будет искать их, возвращаясь к предыдущим шагам.

### Пример

Обратный вывод часто используется в диагностике болезней. Если целью является определение возможного диагноза (например, гриппа), система

проверяет необходимые факты: есть ли у пациента кашель? повышение температуры? и так далее.

#### Нечеткий вывод

В условиях неопределенности и недостатка четких данных возможно использование нечеткой логики. Механизмы вывода, основанные на нечеткой логике, позволяют работать с размазанными значениями и правилами.

#### 5. Объяснение и интерпретация

Одной из ключевых функций механизма вывода является возможность предоставления объяснений. Пользователи часто хотят понять, как система пришла к определенному выводу. Объяснительный модуль может предоставить информацию о том, какие факты и правила использовались для формирования решения, что помогает установить доверие к системе и повышает уровень принятия решений.

#### Преимущества

- Автоматизация процесса принятия решений: Механизм вывода позволяет автоматизировать большинство рутинных и сложных операций, которые требуют экспертных знаний.
- Скорость обработки: Системы с механизмами вывода могут обрабатывать данные намного быстрее, чем человек, что критически важно в ситуациях, когда время является решающим фактором (например, в медицинских аварийных ситуациях).
- Объективность: Использование формализованных правил и алгоритмов позволяет исключить человеческие ошибки и предвзятости.

#### Недостатки

- Ограниченная гибкость: ЭС часто ограничены правилами, которые были заранее прописаны в базе знаний. Если возникают новые ситуации, система может не справиться без обновления правил.
- Зависимость от качества данных: Неверные или неполные входные данные могут привести к неправильным выводам. Правильность рабо-

ты ЕС в значительной степени зависит от качества предоставленных фактов.

- Сложность объяснения: В случае сложных выводов объяснить конечный результат пользователю может быть затруднительно, особенно в ситуациях, связанных с машинным обучением.

## **Пользовательский интерфейс**

Пользовательский интерфейс (ПИ) экспертных систем является важным компонентом, который обеспечивает взаимодействие между пользователем и системой. Эффективный интерфейс должен быть интуитивно понятным, удобным и адаптированным к потребностям конечных пользователей. Кроме того, он должен обеспечивать легкий доступ к функциональности экспертной системы и поддерживать процесс принятия решений. В этом обзоре мы рассмотрим основные аспекты, связанные с пользовательскими интерфейсами экспертных систем, их типы, особенности и лучшие практики.

Пользовательский интерфейс служит мостом между системой и пользователем. Применение экспертных систем подразумевает, что пользователи могут не обладать глубокими знаниями в области программирования или искусственного интеллекта, но они должны иметь возможность эффективно взаимодействовать с системой.

Основные функции ПИ включают:

- Ввод данных. Пользователи должны иметь возможность вводить информацию, необходимую для работы системы.
- Получение рекомендаций. Интерфейс должен визуализировать и объяснять выводы и рекомендации системы.
- Обучение пользователей. Интерфейс должен облегчать пользователям процесс освоения системы и её функциональности.
- Настройка. Пользователи должны иметь доступ к возможностям настройки системы под свои задачи и предпочтения.

Ниже перечислены основные типы пользовательских интерфейсов, используемые в экспертных системах:

- Командные строки. Простые системы могут использовать текстовые интерфейсы, где пользователи вводят команды и получают текстовые ответы. Этот подход требует от пользователей знания командной структуры и может быть менее удобен.
- Графические интерфейсы. Большинство современных экспертных систем используют графические интерфейсы (GUI), которые позволяют пользователям взаимодействовать с системой через визуальные элементы, такие как кнопки, меню и формы. GUI обеспечивает более интуитивный и доступный способ взаимодействия.
- Веб-интерфейсы. С увеличением популярности веб-технологий многие экспертные системы перешли в онлайн-формат. Веб-интерфейсы обеспечивают широкий доступ и удаленное взаимодействие, что особенно важно для пользователей, работающих в разных местах.
- Мобильные интерфейсы. С ростом использования мобильных устройств, многие экспертные системы также разрабатываются с учетом мобильных платформ. Эффективные мобильные интерфейсы должны быть оптимизированы для небольших экранов и касания.

Успех пользовательского интерфейса экспертной системы во многом зависит от качества и продуманности его компонентов. К основным элементам относятся:

- Форма ввода данных. Позволяет пользователям вводить необходимые сведения в систему. Важно, чтобы поля ввода были логически сгруппированы и понятны.
- Диалоговые окна и подсказки. Диалоговые окна обеспечивают возможность получения дополнительной информации или сообщений об ошибках. Подсказки (tooltip) могут помочь пользователям понять, какие данные необходимо ввести.

- **Графики и визуализация данных.** Графические элементы, такие как диаграммы и графики, позволяют пользователям лучше воспринимать информацию и выводы системы.
- **Рекомендательные панели.** Элементы интерфейса, которые отображают рекомендации системы на основе введенных данных, помогают пользователям быстро принимать решения.
- **Меню навигации.** Меню должно быть логичным и простым в использовании, чтобы пользователи могли быстро находить нужные разделы и функционал системы.

При проектировании пользовательского интерфейса для экспертных систем следует учитывать несколько ключевых принципов:

- **Простота.** Интерфейс должен быть максимально простым и интуитивно понятным. Избыточные элементы могут отвлекать пользователей и затруднять работу.
- **Последовательность.** Все элементы интерфейса должны следовать единой логике и стилю. Это помогает пользователям быстрее привыкнуть к системе.
- **Обратная связь.** Система должна предоставлять пользователям обратную связь о выполненных действиях. Например, пользователь должен видеть подтверждение после ввода данных или изменения настроек.
- **Поддержка доступа.** Интересы различных пользователей, включая людей с ограниченными возможностями, должны быть учтены. Интерфейсы должны соответствовать стандартам доступности.
- **Тестирование и доработка.** Регулярное тестирование интерфейса с участием целевых пользователей помогает выявить проблемные места и улучшить взаимодействие.

Современные тренды в разработке пользовательских интерфейсов экспертных систем включают:

- Использование искусственного интеллекта. AI может улучшить взаимодействие с пользователем, обеспечивая персонализированные рекомендации и предсказывая потребности пользователей.
- Голосовые интерфейсы. Внедрение технологий распознавания речи позволит пользователям взаимодействовать с системами без необходимости использовать клавиатуру или мышь. Это может существенно упростить процесс получения информации.
- Адаптивные интерфейсы. Будущие системы могут использовать машинное обучение для адаптации интерфейсов к предпочтениям и стилю работы конкретных пользователей, что повысит эффективность взаимодействия.
- Виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR). Интеграция VR и AR в пользовательские интерфейсы может предоставить пользователям возможность взаимодействовать с экспертными системами в более естественной и интуитивной среде.

## **Объяснительный модуль**

Объяснительный модуль (Explanation Module) — это компонент экспертной системы, который отвечает за предоставление ясных и понятных разъяснений выводов и рекомендаций, формируемых механизмом вывода. Он объясняет пользователю, какое логическое обоснование было использовано для достижения тех или иных выводов, и как система пришла к рекомендации.

Основные функции объяснительного модуля

Объяснительный модуль выполняет несколько критически важных функций:

1. **Объяснение выводов:** Основная задача модуля — предоставлять пользователю обоснования для выводов системы. Например, в медицинской системе объяснительный модуль может объяснить, почему система

предполагает определенный диагноз на основе введенных симптомов и правил в базе знаний.

2. **Ссылки на базу знаний:** Модуль может указывать на конкретные факты и правила, которые были использованы для принятия решения, что помогает пользователю лучше понять логику системы.
3. **Помощь в обучении:** Объяснительный модуль играет важную роль в обучении пользователей. Предоставляя информацию о том, как система принимает решения, он способствует повышению знаний пользователей в данной области.
4. **Улучшение доверия к системе:** Возможность получать объяснения от системы повышает доверие пользователя к ней. Пользователи, которые понимают, как система работает и откуда берутся её выводы, более склонны полагаться на её рекомендации.
5. **Устранение ошибок и недоразумений:** Экспертные системы могут иногда ошибаться. Объяснительный модуль помогает диагностировать, на каком этапе могла возникнуть ошибка и какие данные были использованы в процессе.

Структура объяснительного модуля

Объяснительный модуль может включать несколько подкомпонентов, каждый из которых выполняет свои функции:

1. **Накопитель объяснений:** Этот подкомпонент хранит предыдущие объяснения, предоставленные пользователю. Это может быть полезно для анализа и оценки, какие объяснения лучше всего воспринимаются.
2. **Генератор объяснений:** Этот компонент создает новые объяснения на основе данных, полученных из механизма вывода. Он может формулировать текстовые или визуальные объяснения, демонстрируя логические связи и актуальные данные.
3. **Интерфейс объяснений:** Этот интерфейс предоставляет пользователю доступ к объяснениям. Он должен быть интуитивно понятным и обеспечивать простоту взаимодействия. Также он может включать в себя



функции запроса дополнительных разъяснений по конкретным аспектам.

4. **Система обратной связи:** Этот компонент позволяет пользователям давать обратную связь о качестве и полезности предоставленных объяснений, что может быть использовано для дальнейшего улучшения объяснительного модуля.

Примеры взаимодействия объяснительного модуля с другими компонентами

Объяснительный модуль активно взаимодействует с другими компонентами экспертной системы. Рассмотрим несколько примеров:

1. **Взаимодействие с механизмом вывода:**

- Когда механизм вывода принимает решение, он может передать информацию об используемых правилах и фактах в объяснительный модуль.
- Объяснительный модуль формирует объяснение на основе этой информации и предоставляет его пользователю через интерфейс.

2. **Взаимодействие с интерфейсом пользователя:**

- Пользователь может задать вопросы о приведенных выводах. Интерфейс передает эти вопросы в объяснительный модуль для обработки.
- Модуль генерирует и возвращает ответы через интерфейс, что позволяет пользователю лучше понять выводы системы.

3. **Взаимодействие с базой знаний:**

- Объяснительный модуль может обращаться к базе знаний для извлечения правил и фактов, связанных с выводом, чтобы предоставить более точные и полные объяснения.

4. **Взаимодействие с модулем обучения:**

- На основе объяснений, которые пользователи находят полезными или запутанными, модуль обучения может адаптировать логику генерации объяснений, чтобы улучшить их качество в будущем.

## Примеры применения объяснительного модуля

Объяснительные модули играют важную роль в различных областях применения экспертных систем. Вот несколько примеров:

### 1. Медицина:

- В системе, использующей ИИ для диагностики заболеваний, объяснительный модуль может описать, почему система предполагает, что пациент страдает от определенного заболевания, указав на симптомы и предыдущие случаи.

### 2. Финансы:

- В финансовой экспертной системе, которая анализирует кредитоспособность клиентов, объяснительный модуль может объяснить, как кредитный рейтинг, доход и другие факторы повлияли на решение о предоставлении кредита.

### 3. Техническая поддержка:

- В системах технической поддержки объяснительный модуль может показывать пользователям шаги, которые приводят к решению их проблем с программным обеспечением или оборудованием, помогая им понимать процесс устранения неполадок.

## Модуль обучения

Модуль обучения (Learning Module) — это компонент экспертной системы, который отвечает за улучшение её работы на основе новых данных и опыта. Это может включать в себя автоматическое обновление базы знаний, изучение новых паттернов или исправление ошибок на основе предыдущих выводов. Модуль обучения позволяет системе адаптироваться к изменениям в реальной среде, повышая её точность и производительность.

Основные функции модуля обучения

1. Обновление базы знаний: Модуль обучения может добавлять новые факты и правила в базу знаний системы. Это позволяет системе оставаться актуальной и включать свежую информацию.
2. Анализ производительности: Модуль может отслеживать, насколько точно система выполняет свои задачи, и выявлять области, требующие улучшения. Например, он может анализировать случаи, когда система делала ошибки, и предлагать изменения для улучшения.
3. Выявление новых паттернов: Модуль обучения может анализировать огромные объемы данных, чтобы выявлять скрытые паттерны и корреляции, что может привести к новым выводам или рекомендациям.
4. Обучение на основе обратной связи: Система может адаптироваться на основе обратной связи от пользователей и результатов предыдущих решений, улучшая свои алгоритмы и логику работы.
5. Поддержка самообучения: В некоторых системах модуль обучения может включать функции, позволяющие системе "обучаться" на новых данных без вмешательства человека, используя методы машинного обучения.

Модуль обучения может использовать различные подходы и методы для оптимизации работы системы. Вот несколько основных типов обучения:

1. Обучение с учителем: В этом подходе система получает набор обучающих данных с известными результатами. Она использует эту информацию для настройки своих алгоритмов. Например, в медицинских системах это могут быть случаи с известными диагнозами, на основе которых система может учиться.
2. Обучение без учителя: В этом методе система анализирует данные без заранее заданных выходных значений. Это может быть полезно, когда анализируется большое количество неструктурированных данных, и цель состоит в том, чтобы выявить скрытые закономерности или сгруппировать данные.

3. Полуобучение: Это гибридный подход, который использует как размеченные, так и неразмеченные данные для обучения. Например, система может иметь небольшой объем данных с результатами, чтобы направлять процесс обучения при анализе больших объемов необработанных данных.
4. Обучение на основе примеров: Этот метод основан на использовании конкретных примеров для обучения системы. Например, если система должна рекомендовать лекарства, она может использовать набор данных о пациентах, которые успешно реагировали на определенное лечение.
5. Обучение с интерактивным участием пользователя: Модуль может внедрять механизмы взаимодействия с пользователем, которые позволяют улучшать систему на основе прямой обратной связи. Пользователь может предоставлять отзывы о правильности выводов, и система будет соответственно корректироваться.

Модуль обучения может включать несколько подкомпонентов, каждый из которых выполняет свою уникальную роль:

1. Модуль сбора данных: Этот компонент отвечает за получение и обработку новых данных, которые могут быть полезны для обучения. Данные могут поступать из различных источников, таких как базы данных, пользовательские вводы, внешние API и т.п.
2. Модуль обработки и анализа данных: Здесь происходит обработка собранных данных. Модуль может включать алгоритмы для очистки данных, их трансформации и анализа с целью выявления закономерностей.
3. Алгоритм обучения: Самый важный компонент модуля — это алгоритмы, которые отвечают за обучение системы. Это могут быть алгоритмы машинного обучения, такие как деревья решений, нейронные сети, методы опорных векторов и другие.

4. Модуль валидации: Этот компонент проверяет, насколько эффективно обученная модель работает на новых данных. Он используется для предотвращения перенастройки и обеспечения надежности выводов.
5. Интерфейс для обратной связи: Модуль, который позволяет пользователям вводить данные о том, насколько правильно или неправильно система дала рекомендации. Эти данные затем могут использоваться для дальнейшего обучения.

Модуль обучения может быть полезен в различных сферах, таких как:

1. Медицина: В медицинских экспертных системах модуль обучения может анализировать данные о пациентах, на основе которых система будет улучшать свои диагностические способности. Например, система может распознавать новые симптомы заболеваний и адаптировать свои правила.
2. Финансовые услуги: В области кредитного скоринга модуль обучения может анализировать данные о клиентах, чтобы улучшить модели оценки рисков. Это включает в себя адаптацию к изменениям в экономических условиях и поведении заемщиков.
3. Промышленность: В производственной среде модуль обучения может анализировать данные о оборудовании и производственных процессах для предсказания поломок и оптимизации работы.
4. Образование: В образовательных системах модуль обучения может использовать данные о прогрессе студентов для адаптации учебных материалов под их потребности и предпочтения.

Преимущества

1. Адаптивность: Модуль обучения позволяет системе адаптироваться к изменениям в реальных данных и условиях, что делает её более эффективной и актуальной.
2. Улучшение качества выводов: Возможность анализа результатов и совершенствования базы знаний приводит к увеличению точности и надежности экспертной системы.

3. Автоматизация процессов: Модуль обучения может существенно уменьшить необходимость в ручном вводе данных и поддержке системы, что делает её более автономной.
4. Выявление новых возможностей: Анализ больших объемов данных может помочь системе выявлять новые паттерны и тенденции, которые не были известны до этого.

#### Недостатки

1. Сложность применения: Реализация модуля обучения может быть сложной задачей, требующей значительных ресурсов и времени на разработку и интеграцию.
2. Необходимость больших объемов данных: Для эффективного обучения компьютерным алгоритмам требуются большие объемы качественных данных, что может быть не всегда доступным в конкретной области.
3. Риск переобучения: Существуют риски, что модель может работать слишком хорошо на обучающих данных, но давать плохие прогнозы на новых данных, что называется "переобучением".
4. Необходимость постоянного мониторинга: Модуль обучения требует постоянного мониторинга и доработки, чтобы оставаться актуальным и эффективным.

С развитием технологий искусственного интеллекта будущее модуля обучения выглядит многообещающим. Мы можем ожидать:

1. Сложные алгоритмы машинного обучения: Будут разработаны более эффективные и точные алгоритмы, которые смогут обрабатывать еще большие объемы данных.
2. Улучшение взаимодействия с пользователем: Модули обучения будут становиться более интерактивными, позволяя пользователям легко и быстро предоставлять обратную связь и настраивать систему под свои нужды.
3. Автономное обучение: Система будет иметь возможность самообучаться в реальном времени, используя данные, поступающие в обработку.

4. Интеграция с IoT: Системы смогут получать данные из устройств интернета вещей, что позволит им более точно адаптироваться к изменениям в реальном времени.
5. Этика и прозрачность: Будет усилено внимание к этическим аспектам и прозрачности алгоритмов, используемых для обучения, что улучшит доверие пользователей к экспертным системам.

## 1.2. Примеры экспертных систем

### MEDLINE

MEDLINE — это одна из наиболее известных и широко используемых баз данных медицинских и биологических исследований. Она является частью системы PubMed, предоставляемой Национальной медицинской библиотекой США (National Library of Medicine, NLM). MEDLINE предоставляет доступ к статейным публикациям, рецензируемым журналам и другим ресурсам, что делает её важным инструментом для исследователей, врачей и студентов в области медицины и здравоохранения.

MEDLINE была основана в 1966 году как часть проекта NLM, направленного на создание единой базой данных для медико-биологических публикаций. С тех пор база данных претерпела множество изменений и усовершенствований, включая переход на цифровые форматы и интеграцию с интернет-технологиями.

Сегодня MEDLINE включает в себя более 30 миллионов записей, содержащих ссылки на статьи из более 5 000 медицинских журналов по различным темам — от клинической практики до медицинских исследований. Данные в MEDLINE регулярно обновляются, что позволяет поддерживать актуальность и полезность информации.

MEDLINE включает в себя ряд ключевых элементов, делающих её незаменимым ресурсом для медицинских работников и исследователей:

1. Записи и ссылки на статьи: Каждый элемент в MEDLINE содержит метаданные, включая название статьи, авторов, журнал, в котором она была опубликована, аннотацию и ключевые слова.
2. Индексация MeSH: Чтобы обеспечить точный и эффективный поиск, MEDLINE использует систему индексации медицинских терминов (Medical Subject Headings, MeSH). Это стандартная терминология, разработанная для упрощения поиска и классификации медицинских исследований.
3. Доступ к полным текстам: Для многих записей MEDLINE предоставляется возможность доступа к полным текстам статей, хотя часть материалов доступна на платной основе или через подписку.
4. Динамические обновления: База данных регулярно обновляется, что гарантирует, что пользователи получают актуальную информацию о последних исследованиях и открытиях в медицине.

MEDLINE предлагает множество функций, которые делают её полезной для различных категорий пользователей:

- Поиск по ключевым словам: Пользователи могут проводить поиск по ключевым словам, автору, названию статьи или журналу, что позволяет находить нужные исследования по специфическим нуждам.
- Фильтры и сортировка: Для удобства пользователей предусмотрены инструменты фильтрации и сортировки результатов поиска. Это позволяет сузить результаты до наиболее релевантных.
- Системы оповещения: MEDLINE предоставляет возможность подписки на системные оповещения, позволяющие пользователям получать уведомления о новых публикациях по выбранной теме или ключевым словам.
- Графы цитирования: MEDLINE позволяет пользователям отслеживать ссылки на статьи, что дает возможность исследовать более широкий контекст научной дискуссии.



- Инструменты оценки и анализа: MEDLINE предлагает различные инструменты для анализа и оценки влияния публикаций, такие как определение количества цитирований.

MEDLINE используется различными профессионалами в области медицины и здравоохранения, включая:

- Врачи и медицинские работники. Они используют MEDLINE для поиска информации о последних клинических исследованиях, медицинских протоколах и лечениях.
- Исследователи. Ученые используют MEDLINE как основную платформу для поиска информации о предыдущих исследованиях, а также для сбора данных для собственных научных работ.
- Студенты. Студенты медицинских вузов и колледжей используют MEDLINE для подготовки курсовых и дипломных работ, а также для изучения современных проблем медицины.
- Библиотеки и информационные центры. Многие библиотеки используют MEDLINE как значимый ресурс для своих посетителей, предоставляя доступ к медицинской информации и обучая пользователей эффективным методам поиска.

Преимущества:

- Широкий охват информации. MEDLINE предоставляет доступ к огромному количеству медицинских публикаций и рецензируемой литературы.
- Качество информации. Все включенные статьи проходят процесс рецензирования, что обеспечивает высокие стандарты качества и достоверности.
- Удобство использования. Интерфейс PubMed и MEDLINE интуитивно понятен, что позволяет пользователям легко находить необходимую информацию.

- Поддержка международного сообщества. MEDLINE сохраняет репутацию международного ресурса, доступного для пользователей по всему миру.

Недостатки:

- Доступ к некоторым полным текстам. Хотя MEDLINE предоставляет много информации, некоторые статьи могут быть доступны только по подписке или за дополнительную плату.
- Ограниченность в области нелекарственных исследований. MEDLINE больше фокусируется на традиционной медицине и не охватывает все аспекты альтернативной медицины.
- Не всегда актуальная информация. Несмотря на регулярные обновления, иногда данные могут быть устаревшими, особенно по быстрым изменениям в терапии и лечении.

MEDLINE играет ключевую роль в медицинских исследованиях и практике, предоставляя ценные ресурсы для специалистов по здравоохранению. Она не только помогает в поиске информации, но и способствует распространению новых знаний и достижений в области медицины.

С помощью MEDLINE врачи могут быстро находить научно обоснованные данные, которые могут повлиять на лечение их пациентов. Это, в свою очередь, приводит к более обоснованному и научно обоснованному подходу к диагностике и лечению.

Будущее MEDLINE, как базы данных и системы поддержки принятия решений, кажется многообещающим. С учетом технологических тенденций, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, можно ожидать улучшения в области поиска информации. Например, новые алгоритмы могут помочь в более точном анализе данных и выявлении скрытых паттернов в медицинских исследованиях.

Кроме того, ожидается, что MEDLINE будет продолжать расширять свои горизонты, включая больше международной литературы и материалов из новых областей медицины.

MEDLINE — это мощный инструмент для всех, кто занят в области медицины и науки. Она предоставляет доступ к обширной базе данных рецензируемых публикаций, что делает её незаменимой для исследователей, врачей и студентов. Её развитие и усовершенствование продолжают способствовать прогрессу в области медицины, обеспечивая высококачественную информацию для принятия клинических решений и поддержки исследовательской деятельности.

## MYCIN

Экспертные системы представляют собой классы программного обеспечения, разработанные для имитации человеческого мышления и принятия решений в узкоспециализированных областях. Одна из наиболее известных и значимых экспертных систем — это MYCIN, созданная в начале 1970-х годов для диагностики заболеваний и назначения лечения инфекционных болезней. В этом разделе мы подробно рассмотрим MYCIN, его архитектуру, принципы работы, достижения и влияние на область медицинской информатики.

MYCIN была разработана командой исследователей под руководством Эдварда Хаммера и Джона М. Столлера в Стэнфордском университете. Система создавалась в контексте программы по изучению применения компьютерных технологий в медицине, и первоначально предназначалась для помощи врачам в диагностике и лечении инфекционных заболеваний, таких как менингит и пневмония.

В то время в медицинской области существовало ограниченное количество компьютерных систем, способных проводить сложные анализы и давать рекомендации на основе вводимых данных. MYCIN была одной из первых систем, которая использовала подход на основе правил для обучения и принятия решений, что и стало её отличительной характеристикой.

MYCIN состоит из нескольких ключевых компонентов:

1. База знаний: Система использует набор правил в формате "если-то" (if-then), которые формулируют отношения между симптома-

ми, бактериальными инфекциями и подходящими антибиотиками. База знаний MYCIN содержит более 600 правил, созданных в основном на основе экспертизы врачей, и охватывает множество инфекционных заболеваний.

2. Механизм вывода: MYCIN использует механизм вывода, который анализирует вводимые данные и применяет правила из базы знаний для формирования рекомендаций. Этот механизм реализует дедуктивный вывод, что позволяет системе постепенно уточнять диагноз на основе новых данных.

3. Интерфейс пользователя: MYCIN имел текстовый интерфейс, который позволял врачам вводить данные о состоянии пациента и получать рекомендации от системы. Хотя интерфейс был примитивным по современным стандартам, он обеспечивал интерактивный процесс взаимодействия пользователя и системы.

4. Объяснительная система: Одним из ключевых преимуществ MYCIN была способность объяснять принятые решения. Система могла предоставить пользователю информацию о том, какие факторы привели к конкретным рекомендациям, что способствовало повышению доверия врачей к её выводам.

MYCIN работает на основе взаимодействия с врачом, который вводит данные о пациентах, такие как симптомы и результаты анализов. Процесс работы системы можно разделить на несколько этапов:

1. Сбор информации: Врачи вводят информацию о пациенте в систему. MYCIN запрашивает конкретные данные с использованием вопросов, связанных с симптомами, анамнезом, географическим положением и другими факторами.

2. Анализ данных: На основе введенных данных система сравнивает информацию с правилами из базы знаний. Если исследования показывают, что определённая инфекция вероятна, MYCIN будет

использовать соответствующие правила для анализа и разработки рекомендаций по лечению.

3. Вывод рекомендаций: MYCIN генерирует выводы, которые могут включать диагноз и предложение о назначении антибиотиков. Система оценивает вероятность инфицирования различными бактериями и рекомендует подходящие препараты.

4. Объяснение вывода: MYCIN предоставляет пользователю объяснение своих рекомендаций, указывая на правила, которые были применены на основе введенных данных. Это поддерживает медицинскую обратную связь и помогает врачам лучше понять выводы системы.

MYCIN продемонстрировала высокую производительность и точность в своих рекомендациях. В одном из проведенных исследований система достигла точности до 69% в сравнении с 57% у врачей-экспертов в идентификации инфекций. MYCIN показала свою полезность в качестве вспомогательного инструмента для врачей, особенно в ситуациях, когда доступ к опытным специалистам был ограничен.

Исследования также подтвердили, что система могла эффективно диагностировать не только общие инфекции, но и более редкие случаи, что делает её полезной в различных клинических обстоятельствах. Однако, несмотря на успешность, MYCIN не была внедрена в широкую медицинскую практику, что связано с рядом факторов, включая:

- Сложности в внедрении: Внедрение системы в клиническую практику требовало как технических, так и организационных изменений, которые были сложными для реализации в 1970-х годах.
- Этические вопросы: Применение искусственного интеллекта в медицине порождало этические вопросы и опасения по поводу замены человеческого эксперта машиной.
- Необходимость в персонализированном подходе: MYCIN не учитывала индивидуальные особенности пациентов, такие как преды-

дущие аллергии или наличие сопутствующих заболеваний, что также могло снизить доверие к системе.

Несмотря на ограничения, MYCIN оказала значительное влияние на развитие экспертных систем и медицинской информатики в целом. Она продемонстрировала, что компьютеры могут играть важную роль в помощи врачам, увеличивая их способность принимать обоснованные решения.

Ключевые достижения MYCIN:

1. Правила вывода: MYCIN стала одним из первых примеров успешного применения правил вывода в медицинских системах. Этот подход стал основополагающим для многих последующих экспертных систем.

2. Объяснение и интерпретация: Четкая объяснительная способность MYCIN установила стандарты для последующих систем, ориентированных на необходимость предоставления прозрачности и объяснений пользователям.

3. Психологический аспект: MYCIN привлечён к исследованиям по взаимодействию между компьютерами и пользователями, особенно в области доверия к системам искусственного интеллекта.

4. Дальнейшие разработки: MYCIN вдохновила множество других проектов в области медицинских экспертных систем, таких как INTERNIST и CADUCEUS, которые продолжали развивать и улучшать подходы, предложенные MYCIN.

С появлением современных технологий искусственного интеллекта, таких как машинное обучение и глубокие нейронные сети, подходы, аналогичные MYCIN, становятся более мощными и адаптивными. Современные системы, такие как IBM Watson Health, используют большие объемы данных и могут изучать закономерности в данных гораздо быстрее и более точно, чем MYCIN когда-либо могла.

Современные экспертные системы также способны учитывать больше факторов, такие как биомаркеры, генетическую информацию и предысторию

заболеваний, что позволяет предлагать более индивидуализированные подходы к лечению.

Современные медицинские системы обучения продолжают исследовать способы интеграции моделей, подобных MYCIN, чтобы дополнить клинические решения, обеспечивая поддержку врачам и улучшая результаты для пациентов.

MYCIN является знаковым примером экспертных систем, которые позитивно изменили подход к медицинской диагностике. Несмотря на свои ограничения, она продемонстрировала потенциал применения искусственного интеллекта в клинической практике и вдохновила развитие множества последующих инициатив в области медицинской информатики. MYCIN не только повлияла на развитие технологии, но и установила важные принципы, которые используются и по сей день.

## **SMART**

SMART (System for Medical Analysis and Reporting Technology) — это современная экспертная система в области медицины, используется для анализа данных пациента и предоставляет информацию о заболеваниях и возможных методах лечения. Система анализирует медицинские данные, такие как истории болезней, лабораторные тесты и результаты исследований, и на основе этого выводит рекомендации для врачей. Это облегчает процесс диагностики и помогает медицинскому персоналу принимать более обоснованные решения.

## **IBM Watson**

IBM Watson — это известная система на основе искусственного интеллекта, которая использует экспертные системы для анализа больших объемов данных и предоставления рекомендаций в различных сферах, включая здравоохранение, бизнес и юриспруденцию. Watson становится всё более популярным для разработки решений в медицине, где он помогает врачам в диагностике, анализируя медицинские данные и предоставляя рекомендации на

основе существующих исследований и клинического опыта. Например, Watson может анализировать результаты биопсий, рекомендовать дополнительные тесты и предлагать варианты лечения.

### **Google DeepMind**

Система Google DeepMind является одним из наиболее значительных исследований в области ИИ и экспертных систем. DeepMind использует алгоритмы глубокого обучения для оценки и анализа сложных данных. В одном из проектов DeepMind была разработана система, которая помогает в диагностике заболеваний глаз, используя данные из изображений сетчатки. Алгоритмы DeepMind способны обнаруживать патологии с высоким уровнем точности, что может значительно ускорить процесс диагностики и повысить качество медицинского обслуживания.



## Глава 2: Представление и управление знаниями

### 2.1. Типы знаний

#### Фактические знания

Фактическое знание можно определить как информацию, которая является истинной, подтвержденной и может быть объективно проверена. Оно представляет собой конкретные данные о фактах, событиях, объектах и явлениях, которые существуют в реальном мире. В отличие от других типов знаний, таких как процедурные или концептуальные, фактические знания фокусируются на уже существующих утверждениях и явлениях, а не на правилах их применения или на идеях, которые могут быть интерпретированы по-разному.

#### Классификация фактических знаний

Фактические знания могут быть дополнительно классифицированы на несколько категорий:

1. **Данные:** Это базовые единицы информации, которые могут быть собраны из различных источников. Данные сами по себе могут не иметь значения, но при обработке становятся полезными (например, числовые значения, текстовая информация и т.д.).
2. **Информация:** Это упорядоченные данные, которые имеют смысл и контекст. Например, описание конкретной болезни или статистические данные о ее распространенности.
3. **Знания:** Это структурированные данные и информация, которые были обработаны и поняты пользователем. Например, знания о том, как конкретная болезнь влияет на здоровье человека, и какие методы лечения являются эффективными.
4. **Исторические факты:** Это данные, основанные на прошлых событиях, которые могут быть проверены. Например, факты о развитии технологий или исторических событиях.

#### Характеристики фактического знания

Фактические знания обладают рядом характеристик, которые делают их важными для экспертных систем:

1. **Объективность:** Фактические знания могут быть проверены различными способами и не зависят от мнения или интерпретации человека.
2. **Документированность:** Они основаны на эмпирических данных, исследованиях и наблюдениях, что позволяет их легко документировать и проверять.
3. **Структурированность:** Фактическое знание может быть организовано и классифицировано, что облегчает его хранение и извлечение.
4. **Актуальность:** Фактические знания постоянно обновляются по мере появления новых исследований и данных, что делает их важными для поддержки актуальности экспертных систем.

#### Примеры фактических знаний

Фактические знания можно найти в самых разных областях:

1. **Медицина:** Знания о симптомах, диагнозах, лечении и статистике заболеваний. Например, фактические знания о том, что высокое артериальное давление является фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний.
2. **Наука:** Данные о физических законах, химических соединениях и биологических процессах. Например, факты о том, что вода состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода (H<sub>2</sub>O).
3. **История:** Информация о событиях прошлого, таких как даты, имена и места. Например, знание о том, что Вторая мировая война началась в 1939 году и закончилась в 1945 году.
4. **Экономика:** Данные о ценах, потреблении, предложении и спросе. Например, фактические знания о том, что инфляция влияет на покупательскую способность населения.

#### Роль фактических знаний в экспертных системах

В системах, использующих искусственный интеллект, фактические знания играют центральную роль. Они обеспечивают основу для анализа и принятия решений. Рассмотрим несколько ключевых аспектов их важности:

1. Поддержка принятия решений: Фактические знания помогают экспертным системам делать обоснованные выводы, основываясь на реальных данных. Например, в медицинских системах фактические знания могут использоваться для определения правильного диагноза на основе симптомов, сообщенных пациентом.

2. Обучение и адаптация: Экспертные системы могут обновлять свои базы знаний по мере появления новых фактов и данных, что делает их более адаптивными и эффективными. Это особенно важно в быстро меняющихся областях, таких как здравоохранение или технология.

3. Гарантия точности и надежности: Фактические знания помогают повысить точность выводов, поскольку они основаны на подтвержденных данных и исследованиях. Это критически важно в области, где ошибки могут иметь серьезные последствия, например в медицине.

4. Упрощение анализа: Наличие фактических данных позволяет системам обрабатывать сложные запросы и предоставлять пользователям релевантную информацию. Например, система, анализирующая исторические данные о заболеваемости, может помочь в предсказании будущих вспышек болезней.

#### Источники фактических знаний

Фактические знания могут быть получены из различных источников:

1. Научные публикации: Статьи в научных журналах и отчетах о исследованиях часто содержат проверенные данные.

2. Базы данных: Существуют огромные массивы данных в различных областях, которые организованы для хранения фактической информации.

3. Экспертные мнения: Мнения специалистов могут служить дополнительными источниками фактических знаний, хотя они могут быть менее объективными.

4. Наблюдения и эксперименты: Научный метод, основанный на систематических наблюдениях и экспериментах, является ключевым источником фактических знаний.

## Критерии качества фактического знания

Для того чтобы фактические знания были эффективными в рамках экспертной системы, они должны соответствовать определенным критериям качества:

1. Точность: Знания должны быть точно проверяемыми и достоверными.
2. Полнота: Необходимо учитывать все актуальные данные и информацию по рассматриваемому вопросу.
3. Доступность: Знания должны быть организованы таким образом, чтобы их можно было легко находить и использовать.
4. Актуальность: Фактические знания должны быть своевременными и отражать текущее состояние дел в соответствующей области.
5. Согласованность: Знания должны быть непротиворечивыми и взаимосвязанными, что позволяет избежать путаницы и ошибок в интерпретации.

Фактические знания играют решающую роль в экспертных системах, обеспечивая основание для принятия решений и вывода. Они должны быть точными, актуальными и хорошо организованными для того, чтобы системы могли эффективно использовать их. Важно помнить, что фактические знания — это лишь одна из частей гораздо более обширного спектра знаний, необходимых для создания инструментов, способных поддерживать принятие решений в сложных и многогранных ситуациях. Разработка эффективной базы знаний является ключевым компонентом для успеха любой экспертной системы. Это утверждение становится особенно значимым в условиях стремительного развития технологий и увеличения объёмов данных, доступных для анализа.

## Евристические знания

Эвристические знания представляют собой опыт, интуицию и правила, которые используются для решения задач и проблем, когда полное и строгое решение невозможно или затруднительно. Это неформальные методы, которые позволяют делать обоснованные предположения и находить решения, основанные на предыдущем опыте и интуитивных выводах. Часто эвристические знания применяются в ситуациях, где данные неполные или состояние системы динамичное и неопределенное.

Эвристика помогает пользователям и системам находить удовлетворительные решения, обходя необходимость полного анализа всех возможных вариантов. Это особенно полезно в сложных, многогранных проблемах, где традиционные алгоритмы могут оказаться неэффективными.

#### Характеристики эвристических знаний

1. **Опытность:** Эвристические знания сильно зависят от практического опыта. Они оформляются на основе информации, полученной в ходе практической деятельности, что делает их релевантными для конкретных областей.

2. **Неполнота:** В отличие от строгих научных знаний, эвристические знания могут быть неполными. Это может увеличивать вероятность ошибок, но часто они оказываются достаточно хорошими для достижения цели.

3. **Применимость:** Часто эвристические правила могут применяться в разных контекстах, что делает их универсальными. Например, правило "если что-то кажется подозрительным, то нужно проверить" можно использовать в различных ситуациях.

4. **Практическая направленность:** Они нацелены на решение конкретных задач или проблем, что делает их очень полезными в реальных условиях.

#### Классификация эвристических знаний

Эвристические знания можно классифицировать по различным критериям:

1. На основе интуиции: Эти знания формируются интуитивно, производя выводы на основе наблюдений и ощущения. Например, опытный врач может интуитивно определить диагноз на основе мимолетного взгляда на пациента.

2. На основе аналогии: Используются для сопоставления новой ситуации с уже известной. Если пациент ранее лечился от похожего заболевания, врач может применить аналогичные методы, основываясь на прошлом опыте.

3. На основе правдоподобия: Эти знания основаны на вероятностных выводах. Например, если в регионе наблюдается рост заболеваемости гриппом, можно подозревать, что вероятность гриппа у нового пациента высока.

4. На основе общих правил: Эвристические правила, которые можно формализовать. Например, правило "80/20" (принцип Парето), где 80% результатов достигается 20% усилий.

#### Примеры эвристических знаний

Эвристические знания встречаются во множестве областей:

1. Медицина: Врач может использовать эвристику, чтобы быстро оценить степень тяжести состояния пациента и принять решение о дальнейшем лечении, опираясь на свое прошлое взаимодействие с другими пациентами, имеющими схожие симптомы.

2. Финансовые решения: Инвесторы могут базировать свои решения на "нарастающем" опыте, используя эвристики, чтобы предсказать движения на рынке, опираясь на предыдущие колебания цен.

3. Инженерия: При проектировании сложных систем инженеры могут использовать опытные правила, чтобы быстро находить решения для возникающих проблем в процессе разработки.

4. Психология: Исследования показывают, что люди часто используют эвристики в принятии решений. Например, "по наличию информации"

— когда человек основывает свое суждение на том, насколько легко он может вспомнить примеры, связанные с темой.

### Роль эвристических знаний в экспертных системах

Эвристические знания играют важную роль в экспертных системах, так как они позволяют:

1. Обеспечить быструю обработку информации: В условиях, когда времени на анализ недостаточно, эвристики позволяют быстро принимать решения, которые могут быть не оптимальными, но все же приемлемыми.

2. Снизить сложность: Эвристики упрощают комплексные задачи, разбивая их на более управляемые части. Это облегчает понимание проблемы и выработку решений.

3. Улучшить результаты: Хотя эвристические методы не всегда приводят к оптимальным решениям, их использование может привести к более быстрым и точным результатам благодаря отмеченной практике и опыту.

4. Адаптироваться к изменяющимся условиям: В динамичных средах, где данные могут быстро меняться, эвристики позволяют системам быстрее адаптироваться к новым условиям, опираясь на предыдущий опыт.

### Критерии качества эвристического знания

Для эффективного использования эвристических знаний в системах они должны соответствовать определенным критериям качества:

1. Проверяемость: Несмотря на то что эвристические знания основаны на интуиции и опыте, они должны быть проверяемыми и подтверждаемыми на практике.

2. Актуальность: Эвристические правила должны быть актуальными и применимыми к современным условиям, чтобы быть полезными.

3. Универсальность: Идеальные эвристики должны быть применимы в различных контекстах и ситуациях, позволяя использовать их в разных сценариях.

4. Простота: Простота формулировок и правил важна для эффективного использования, поскольку сложные модели могут привести к путанице и ошибкам.

#### Источники эвристических знаний

Эвристические знания могут быть получены из различных источников:

1. Личный опыт: Субъективный опыт людей, накапливающийся в процессе работы или обучения.
2. Обсуждения и консультации: Обмен мнениями и обсуждения среди коллег и экспертов могут помочь выявить новые эвристики и правила.
3. Научные исследования: Изучение научных работ и аналитических отчетов может предоставить ценную информацию для выработки эвристик.
4. Кейсы и примеры: Изучение конкретных случаев и примеров из практики позволяет выявлять работающие стратегии и подходы.

Эвристические знания являются важным аспектом базы знаний в экспертных системах. Они помогают принимать решения быстро и эффективно, опираясь на предыдущий опыт и интуитивные выводы. Находясь на пересечении науки и практики, эвристики играют ключевую роль в сфере искусственного интеллекта, обеспечивая гибкость и адаптивность систем. Хотя они могут не всегда предлагать оптимальные решения, их использование существенно повышает эффективность и работоспособность в решении реальных задач. Актуальность, простота и применимость эвристических знаний делают их незаменимыми в условиях быстроменяющихся и неопределенных ситуаций.

## 2.2. Методы представления знаний

### Правила (IF...THEN)

В области искусственного интеллекта, особенно в экспертных системах, одним из наиболее распространенных и интуитивно понятных форматов представления знаний являются правила в виде "IF...THEN" (если...то). Этот



формат позволяет структурировать информацию в виде логических утверждений, которые легко интерпретируются как человеком, так и машиной. В данной статье мы подробно рассмотрим правила, их структуру, примеры использования, преимущества и недостатки, а также области, где они находят самое широкое применение.

## 1. Структура правил IF...THEN

Правило формата "IF...THEN" состоит из двух частей:

- Условная часть (Antecedent): Это условие или группа условий, которые должны быть выполнены для активации правила. В этой части описываются конкретные обстоятельства, при которых правило считается действительным.
- Следственная часть (Consequent): Это вывод, который следует из соблюдения условий. Если условия истинны, то выполняется действие, описанное в этой части правила.

Пример правила:

```
Plain Text
1 IF температура > 100 градусов THEN включить охладитель
2
```

В данном примере, если температура превышает 100 градусов, то система должна включить охладитель.

## 2. Логика и механизмы работы

Правила "IF...THEN" опираются на булеву логику, где условия могут принимать два значения: истинно (True) или ложно (False). Инференционные механизмы, такие как вывод с помощью модус поненс (modus ponens), используются для проверки условий и выполнения действий.

### Механизмы вывода:

1. Прямой вывод (Forward chaining): Этот метод начинает с имеющихся фактов и применяет правила, пока не достигнет заключения. Примером может служить экспертная система, которая начинает с

известных значений (например, температуры) и делает вывод о необходимости включения охладителя.

2. Обратный вывод (Backward chaining): Этот метод начинается с целевого вывода и проверяет, какие условия необходимо выполнить, чтобы достичь этого вывода. Например, если система знает, что охлаждение необходимо для поддержания температуры ниже 100 градусов, то она будет искать условия, которые могут привести к этому результату.

### 3. Примеры использования правил IF...THEN

Правила формата "IF...THEN" находят широкое применение в различных областях:

Медицина: В медицинских экспертных системах используются правила для диагностики. Например,

```
Plain Text
1 IF пациент имеет кашель AND температура > 38 THEN возможен грипп
2
```

Финансовые системы: В системах автоматического трейдинга можно использовать правила для принятия решений о покупке или продаже активов:

```
Plain Text
1 IF цена акций > 100 AND объем торгов увеличивается THEN купить акции
2
```

Системы поддержки принятия решений: В агрономии правила помогают определить, когда вовремя убирать урожай или применять удобрения:

```
Plain Text
1 IF влажность почвы < 20% THEN полить растения
2
```

Автоматизация и управление: В системах управления процессами правила могут использоваться для автоматизации действий:

```
1 IF уровень воды в баке низкий THEN открыть клапан
2
```

## Преимущества правил IF...THEN

Использование правил "IF...THEN" предлагает множество преимуществ:

1. Простота и интуитивность: Формат легко понимается как пользователями, так и разработчиками, что облегчает процесс документирования и обсуждения.

2. Легкость в модификации: Правила могут быть легко добавлены, изменены или удалены, что позволяет системе гибко адаптироваться к изменяющимся требованиям.

3. Прозрачность: Логика нахождения выводов очевидна (условия и действия четко определены), что позволяет пользователям отслеживать процесс принятия решений.

4. Модульность: Системы, основанные на правилах, могут быть построены модульно, позволяя комбинировать различные наборы правил для достижения необходимых целей.

5. Совместимость: Правила могут быть легко интегрированы с другими форматами представления знаний, такими как базы данных фактов или семантические сети.

## 5. Недостатки правил IF...THEN

Несмотря на свои преимущества, использование правил "IF...THEN" имеет и некоторые недостатки:

1. Курсовая зависимость: При большом количестве правил может возникнуть проблема избыточности и неэффективности, когда система начинает производить ненужные выведения или противоречащие выводы.

2. Сложность управления: В сложных системах может стать трудно управлять взаимодействием между множеством правил, особенно если они пересекаются.

3. Ограниченность: Правила не всегда полностью описывают сложные системы. В ситуациях, где требуется понимание контекста или моральных аспектов, простая логика "IF...THEN" может оказаться недостаточной.

4. Неопределенность: В условиях неопределенности и риска труднее выразить правила четко. Альтернативные подходы, такие как нечёткая логика или вероятностные модели, могут быть более подходящими.

#### 6. Применение в системах искусственного интеллекта

Правила IF...THEN находят применение в различных системах искусственного интеллекта:

1. Экспертные системы: Многие специфические экспертные системы, такие как CLIPS или MYCIN, используют правила для воспроизведения человеческой экспертизы.

2. Системы поддержки принятия решений: Используются для автоматизированного принятия решений в различных отраслях — от финансов до медицины.

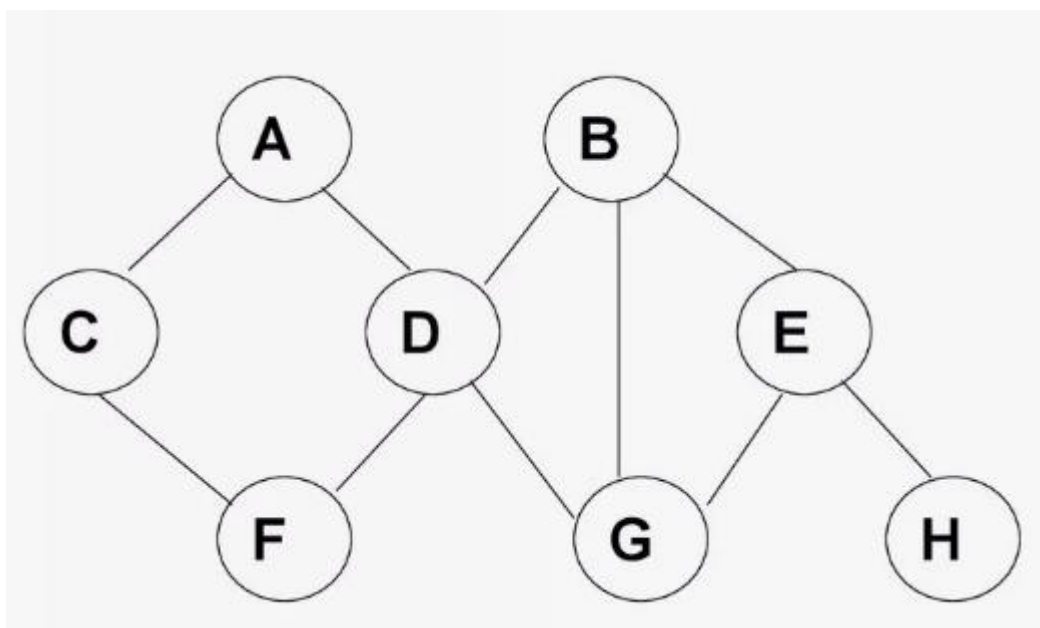
3. Машинное обучение: В некоторых форматах обучения (например, через правила ассоциации) можно рассматривать выводы как набор условий, которые часто сопряжены.

4. Игра и искусственный интеллект: Игровые системы могут применять правила для принятия решений о действиях NPC (неигровых персонажей) в соответствии с игровыми условиями.

#### **Сетевые модели**

Сетевые модели представления знаний представляют собой структуру, позволяющую организовывать и представлять информацию в виде узлов и

связей между ними. Эти узлы могут представлять объекты, концепты или факты, а связи описывают отношения между ними. Сетевые модели находят широкое применение в различных областях, включая искусственный интеллект, базы данных и информационные системы. В данной статье мы подробно рассмотрим сетевые модели, их структуру, разновидности, примеры использования, преимущества и недостатки, а также будущее их развития.



Сетевые модели основаны на графовой структуре, где узлы (вершины) представляют сущности, а рёбра (связи) описывают отношения между ними. Такой подход позволяет более гибко и полно отображать сложные взаимосвязи в сравнение с иерархическими структурами.

#### Структура узлов и рёбер

- Узлы: Каждый узел может содержать данные о конкретной сущности, будь то объект, концепт, событие или факт. Узлы могут иметь атрибуты, которые описывают их свойства.
- Рёбра: Связи между узлами могут иметь разные типы и направления, указывая на различные отношения. Например, связь "является частью" может обозначать, что один узел является составной частью другого.

## 2. Разновидности сетевых моделей

Сетевые модели могут быть классифицированы на несколько видов, в зависимости от их структуры и назначения:

#### Семантические сети

Семантические сети представляют собой графы, где узлы представляют понятия, а рёбра указывают на их отношения. Эти сети активно используются в естественном языке и знаниях о предметной области.

*Пример:* В семантической сети, узел "птица" может иметь связь "является" с узлом "животное", а также связь "может" с узлом "летать".

#### Продуктовые сети

Эти модели используются для представления продуктов и их характеристик. Узлы могут представлять товары, а рёбра — их атрибуты или взаимосвязи между товарами.

*Пример:* Узел "телефон" может быть связан с узлом "компания", указывая на производителя, и узлом "характеристика", описывающим функционал устройства.

#### Совокупные графы

Эти графы используют для представления системы, состоящей из множества взаимосвязанных объектов. Такой подход позволяет анализировать взаимодействия и зависимости, например, в биологических системах или социальных сетях.

*Пример:* В социальных сетях узлы представляют пользователей, а рёбра — их взаимосвязи (дружба, подписка и т. д.).

### 3. Примеры использования сетевых моделей

Сетевые модели могут быть применены в различных областях:

#### Искусственный интеллект

В AI сетевые модели используются для хранения и обработки знаний, что позволяет системам эффективно делать выводы. Например, в экспертных системах семантические сети могут использоваться для выполнения логического вывода и обработки естественного языка.

#### Базы данных

В системах управления базами данных сетевые модели позволяют эффективно организовать информацию. Сетевые базы данных, такие как IDMS (Integrated Database Management System), используют графовую структуру для представления связей между записями.

#### Моделирование знаний

Сетевые модели применяются в области моделирования знаний для создания графов знаний, которые помогают визуализировать и эффективно управлять большим объёмом информации.

#### Машинное обучение

Некоторые алгоритмы машинного обучения используют сетевые модели для обработки данных. Например, нейронные сети могут быть представлены как графы, где узлы — это нейроны, а рёбра — связи между ними.

#### 4. Преимущества сетевых моделей

Сетевые модели обладают рядом преимуществ:

1. **Гибкость:** Модели легко адаптируются и могут представлять сложные взаимосвязи между сущностями. Это позволяет более точно описывать разнообразные предметные области.
2. **Естественность:** Сетевые модели соответствуют естественной структуре знаний, которая часто является сетью взаимосвязанных понятий.
3. **Прозрачность:** Визуализация знаний в форме сети позволяет пользователям легче понимать и исследовать данные, а также выявлять новые связи.
4. **Масштабируемость:** Сетевые модели могут обрабатывать большие объёмы данных и легко расширяются.
5. **Производительность:** Сетевые модели позволяют использовать мощные алгоритмы для быстрого извлечения информации и проведения анализа.

#### Недостатки сетевых моделей

Несмотря на свои достоинства, сетевые модели имеют свои недостатки:

1. Сложность управления: При большом количестве узлов и рёбер сложность управления и обновления данных может возрасти.

2. Перепутывание данных: Сложные сети могут привести к путанице при интерпретации отношений, особенно если связи неясны или неоднозначны.

3. Производительность: В некоторых ситуациях, при очень большом количестве узлов, производительность может страдать, особенно при использовании ненадёжных алгоритмов.

4. Отсутствие стандартов: На текущий момент нет универсальных стандартов для представления данных в сетевых моделях, что может усложнить интеграцию с другими системами.

Современные технологии и разветвления

Современные технологии продолжают развиваться, и сетевые модели находят новые применения в различных областях:

1. Графовые базы данных: Технологии, такие как Neo4j и ArangoDB, позволяют хранить данные в графовой структуре и обеспечивать быстрый доступ к информации для анализа.

2. Обработка естественного языка: Сетевые модели используются для создания лексических ресурсов, а также для работ по семантическому анализу текстовой информации.

3. Интернета вещей (IoT): Сетевые модели помогают в визуализации и анализе связей между различными компонентами IoT, такими как устройства и датчики.

4. Социальные сети: Анализ социальных сетей с использованием сетевых моделей позволяет выявлять тренды, изучать поведение пользователей и строить рекомендации.

7. Будущее сетевых моделей

Будущее сетевых моделей связано с дальнейшим развитием технологий, которые сделают их еще более эффективными и мощными. Возможные направления развития:



1. Комбинация с машинным обучением: Углублённое изучение данных и автоматизация формирования сетевых моделей с использованием алгоритмов машинного обучения.

2. Модели «умного» анализа: Использование сетевых моделей для создания «умных» систем, способных анализировать и извлекать знания из неструктурированных данных.

3. Интеграция с другими форматами: Гибридизация сетевых моделей с другими форматами представления знаний, такими как онтологии и правила.

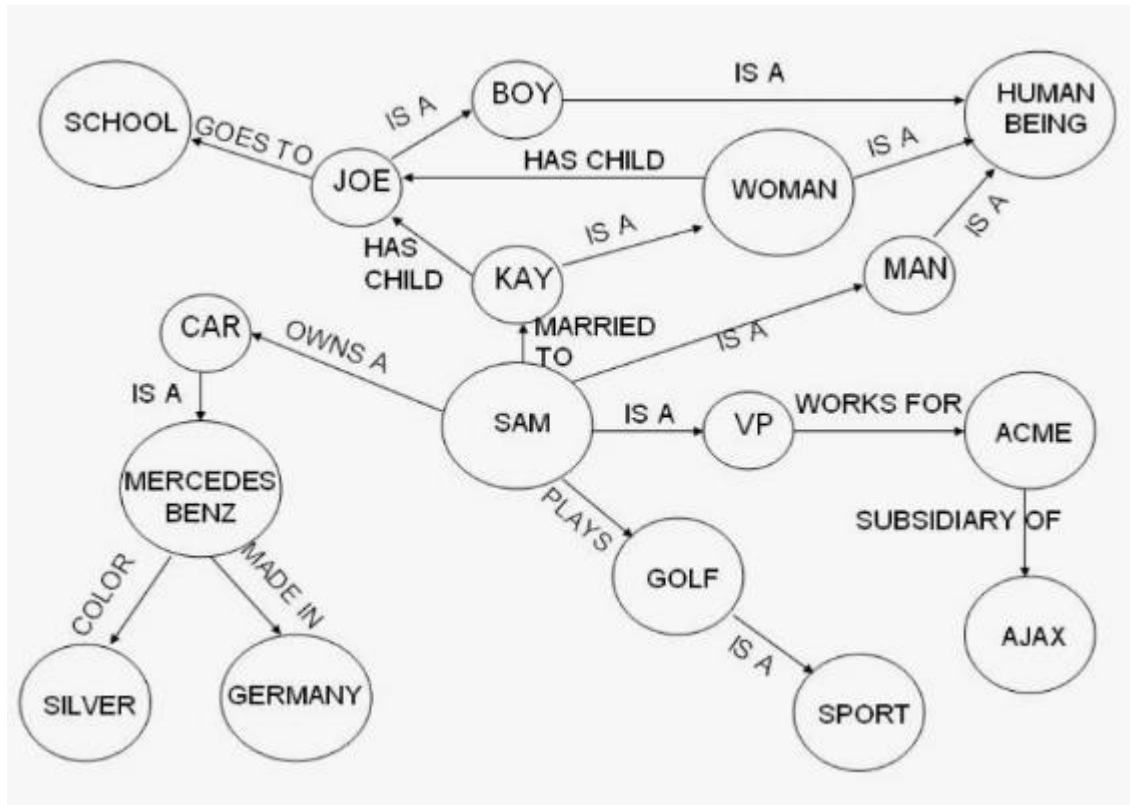
4. Расширенная реальность: Использование сетевых моделей в приложениях, основанных на дополненной или виртуальной реальности, для визуализации сложных взаимосвязей в интерактивной форме.

Сетевые модели представляют собой мощный инструмент для представления знаний и понимания сложных взаимосвязей. Их использование охватывает множество областей — от искусственного интеллекта до социальных исследований. Несмотря на некоторые недостатки, гибкость и выразительность сетевых моделей делают их весьма актуальными в современном мире, а их будущее укоренено в сочетании с новыми технологиями и подходами к обработке данных.

### **Semantic networks (Семантические сети)**

Семантические сети представляют собой мощный инструмент для организации и представления знаний в виде графа, где узлы описывают концепции или сущности, а рёбра обозначают семантические отношения между ними. Этот подход позволяет более эффективно хранить, обрабатывать и извлекать информацию, что делает семантические сети особенно полезными в областях, таких как искусственный интеллект, обработка естественного языка и базы данных. В данной статье мы рассмотрим семантические сети более

подробно: их структуру, функции, преимущества, недостатки, примеры применения и перспективы развития.



## 1. Основы семантических сетей

Семантические сети опираются на графовую структуру, где:

- Узлы представляют концепции, объекты, явления или факты. Каждый узел может иметь атрибуты, описывающие его свойства или характеристики.

- Рёбра обозначают отношения между узлами и могут быть направленными или ненаправленными. Каждый тип связи может иметь свое описание, уточняющее характер отношений.

### Структура узлов и рёбер

Семантические сети обеспечивают более четкое и наглядное представление знаний, чем традиционные текстовые форматы. Узлы могут быть сгруппированы в классы или категории, что позволяет организовать информацию и упростить ее понимание.

Пример структуры: Узел "Кошка" может быть связан с узлом "Животное" через связь "является", а также с узлом "Млекопитающее", подчеркивающим его категориальную принадлежность.

#### Типы отношений в семантических сетях

В семантических сетях могут быть различные типы отношений, которые помогают уточнить связи между узлами:

- Атрибутивные связи: используются для описания свойств узла; например, "Кошка имеет цвет".
- Подклассовые связи: существуют между общей и частной концепцией, например, "Кошка является подвидом Животного".
- Ассоциативные связи: описывают менее формальные и более свободные связи, например, "Кошка ловит мышей".

#### Примеры семантических сетей

Семантические сети находят применение в различных областях, и вот несколько примеров их использования:

##### Искусственный интеллект и системы обработки естественного языка

В системах искусственного интеллекта семантические сети используются для представления знаний, необходимых для логического вывода и обработки информации. Например, в чат-ботах и системах распознавания речи семантические сети помогают в интерпретации запроса пользователя, позволяя системе более точно определять смысл и контекст.

##### Модели знаний

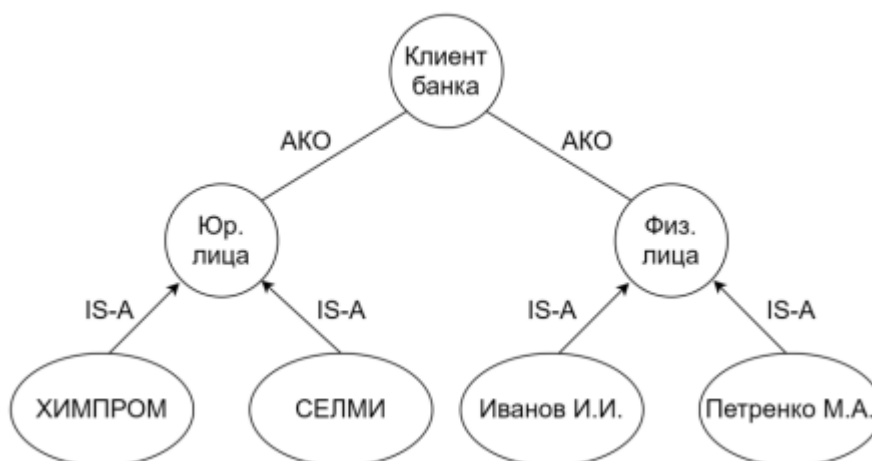
Семантические сети широко используются для создания моделей знаний, позволяющих визуализировать взаимосвязи в сложных областях. Они могут поддерживать базы данных знаний, где узлы представляют факты, а рёбра — связи между ними.

*Пример:* В области биологии можно создать семантическую сеть, представляющую взаимодействия между видами животных, их местами обитания и пищевыми цепями.

Понятия семантической сети – это абстрактные или конкретные объекты, а отношения – связи типа: is-a, has-a, a-kind-of, cause. Связь is-a – означает, что отдельный объект является экземпляром определенного класса. Примером такого типа связей может быть отнесения клиентов банковских учреждений к определенному классу.



Связь is-a используется для обозначения отношений между отдельными объектами через принадлежность их к общему классу, благодаря тождественности атрибутов. Связь a-kind-of определяет отношение между самими родовыми классами. Следует отметить, что общий класс, на который указывает стрелка, называется суперклассом.



В случае если суперкласс имеет связь a-kind-of, что указывает на другой узел, то он, вместе с тем, является классом суперкласса. Таким образом, в семантических сетях есть три основных типа отношений:

- класс – элемент класса;
- свойство – значение;
- пример элемента класса.

По типу отношений семантические сети бывают:

- однородные (с единственным типом отношений);
- неоднородные (с различными типами отношений).

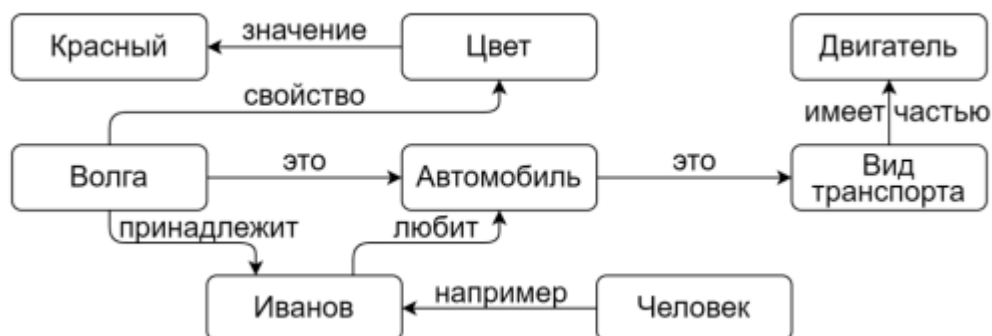
По типам отношений:

- бинарные (в которых отношения связывают два объекта);
- n-арные (в которых есть специальные отношения, связывающие более двух понятий).

Часто используемыми отношениями являются:

- связи типа «часть-целое» («класс-подкласс», «элемент-множество» и т.п.);
- функциональные связи («производит», «влияет» и т.п.);
- количественные («больше», «меньше», «равно» и т.п.);
- пространственные («далеко от», «близко от», «за», «над» и т.п.);
- временные («раньше», «позже», «в течение» и т.п.);
- атрибутивные связи («иметь свойство», «иметь значение», и т.п.);
- логические связи (И, ИЛИ, НЕ) и др.

На рисунке ниже приведен пример семантической сети



## Веб-семантика

Семантические сети играют ключевую роль в концепции семантического веба, где цель состоит в том, чтобы сделать информацию в интернете более доступной и взаимосвязанной. Использование моделей RDF (Resource Description Framework) и OWL (Web Ontology Language) помогает интегриро-

вать семантические сети в веб-технологии, позволяя машинам интерпретировать содержание веб-страниц более эффективно.

#### Преимущества семантических сетей

Семантические сети обладают рядом преимуществ, делающих их очень привлекательными для современных приложений:

1. **Наглядность:** Графовая структура облегчает восприятие отношений между концепциями и позволяет пользователям легче понимать сложные данные.

2. **Гибкость:** Семантические сети легко расширяются новыми узлами и связями, что позволяет динамически обновлять хранимую информацию.

3. **Интероперабельность:** Благодаря стандартам, таким как RDF и OWL, семантические сети могут взаимодействовать с другими системами и форматами, облегчая обмен данными.

4. **Логический вывод:** Использование правил вывода на основе семантических связей позволяет делать новые выводы на основе уже известных фактов, что значительно расширяет возможности анализа данных.

5. **Поиск и информация:** Семантические сети улучшают качество поиска информации, позволяют пользователям находить более релевантные результаты, основываясь на контексте и семантических связях.

#### Недостатки семантических сетей

Несмотря на свои преимущества, семантические сети имеют и некоторые недостатки:

1. **Сложность управления:** В больших и сложных сетях может возникнуть трудность в управлении узлами и отношениями, что требует дополнительных затрат на обслуживание.

2. **Неоднозначность:** Некоторые связи могут быть неясными или неоднозначными, что может затруднять интерпретацию данных.

3. **Требования к проектированию:** Хорошо спроектированная семантическая сеть требует значительных усилий при первоначальном создании и оптимизации, а также знания о предметной области.

4. Проблемы производительности: В зависимости от алгоритмов и объема данных производительность систем, использующих семантические сети, может снижаться при масштабировании.

#### Примеры распространенных семантических сетей

Существуют разные реализации семантических сетей, и вот некоторые из наиболее известных:

- WordNet: Лексическая база данных для английского языка, представляющая слова и их связи в форме семантической сети.
- CYC: Проект, ориентированный на процесс создания обширной базы знаний для программ, способных выполнять логический вывод.
- DBpedia: Семантическая сеть, извлеченная из структурированных данных Википедии, позволяющая выполнять запросы и извлекать информацию по различным темам.

#### Перспективы развития семантических сетей

Семантические сети продолжают развиваться и адаптироваться к новым технологиям и требованиям. Основные направления их дальнейшего развития включают:

1. Интеграция с машинным обучением: Объединение семантических сетей с методами машинного обучения может упростить построение и обновление сетей, а также улучшить качество извлечения информации.
2. Расширенная реальность и виртуальная реальность: Семантические сети могут использоваться для создания контекстно-ориентированных приложений в AR и VR, где знания об окружающей среде могут визуализироваться в реальном времени.
3. Улучшенная семантика поиска: Совершенствование технологий поиска на основе семантических сетей поможет пользователям находить информацию быстрее и точнее, используя контекст и связность данных.
4. Развитие семантического веба: Проекты по созданию семантического веба будут продолжать развиваться, интегрируя семантические сети для более эффективного обмена и обработки данных в интернете.

Семантические сети представляют собой один из эффективных форматов представления знаний, предлагая наглядный и гибкий способ организации информации. Их применение в области искусственного интеллекта, обработки естественного языка и веб-технологий позволяет существенно улучшить качество поиска и анализа. Несмотря на существующие недостатки, семантические сети продолжают занять важное место, как в научных исследованиях, так и в реальных приложениях, их дальнейшее развитие станет ключом к созданию более интеллигентных систем и улучшению обмена знаниями в цифровом мире.

## Фреймы

Фреймы предложены М. Минским в 70-е годы XX века как структура знаний для восприятия пространственных сцен. Эта модель, как и семантическая сеть, имеет глубокое психологическое обоснование. Под фреймом понимается абстрактный образ или ситуация. В психологии и философии известно понятие абстрактного образа. Например, слово «комната» представляет образ «жилого помещения с 4-мя стенами, полом, потолком, окнами и дверью, площадью до 30 кв.м.», из описания которого ничего нельзя убрать и «слоты» которого заполняются значениями атрибутов – количеством окон, цветом стен, высотой потолка, покрытием пола и др. Такой образ, а точнее, его формализованная модель, и называется фреймом. В таблице показана структура фрейма.

Имя фрейма			
Имя слота	Тип слота	Значение слота	Присоединенная процедура
...	...	...	...

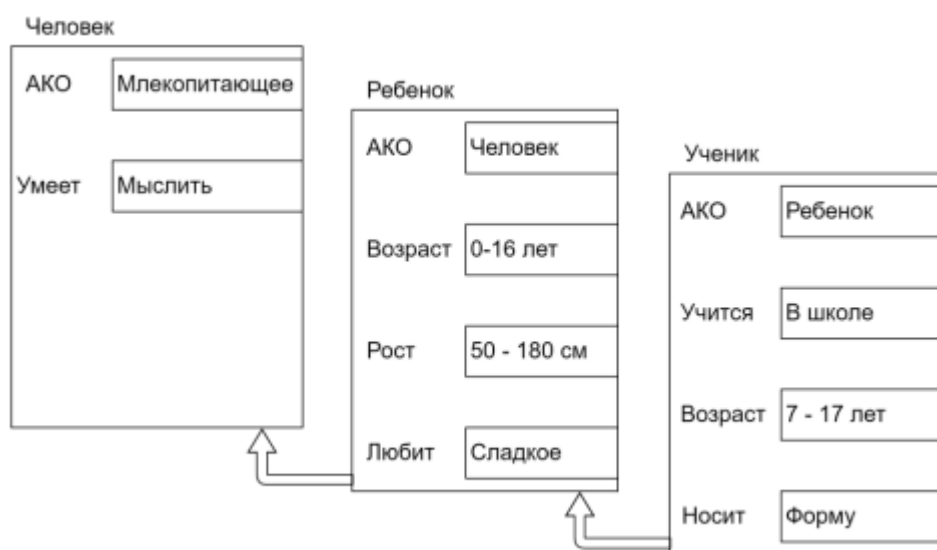
Дополнительные столбцы предназначены для описания типа слота и возможного присоединения к тому или иному слоту специальных процедур. В качестве значения слота может выступать имя другого фрейма, так образуют сети фреймов. Различают фреймы-образцы, или прототипы, хранящиеся в базе знаний, и фреймы-экземпляры, которые создаются для отображения ре-



альных ситуаций на основе поступающих данных. Модель фрейма позволяет отобразить знания через:

- фреймы-структуры, для обозначения объектов и понятий (например, заем, залог, вексель);
- фреймы-роли (например, менеджер, кассир, клиент);
- фреймы-сценарии (например, банкротство, собрание акционеров, празднование именин);
- фреймы-ситуации (например, тревога, авария, рабочий режим устройства) и др.

Важным свойством фреймов является заимствованное из теории семантических сетей наследование свойств. И во фреймах, и в семантических сетях наследование происходит по АКО-связям (a-kind-of). Слот АКО указывает на фрейм более высокого уровня иерархии, откуда неявно наследуются, т.е. переносятся, значения аналогичных слотов. Основным достоинством фреймов как модели представления знаний является ее гибкость и наглядность. Так, на вопрос: «Любят ли ученики сладкое?» Следует ответ: «Да», так как этим свойством обладают все дети, что указано во фрейме «ребенок». Наследование свойств может быть частичным, так, возраст для учеников не наследуется из фрейма «ребенок», поскольку указан явно в своем собственном фрейме.



Онтология в контексте искусственного интеллекта и экспертных систем представляет собой формальный способ описания знаний о некоторой области или предмете. Она включает в себя концепции и взаимосвязи между ними, определяя структуру и содержание знаний. Онтологии активно используются для организации, обмена и обработки информации в различных дисциплинах, включая биоинформатику, медицину, финансы и многие другие.

Онтология — это формальное представление набора концепций в предметной области и взаимосвязей между ними. Она включает в себя:

- **Классы:** Обобщенные понятия или категории объектов, свойств или концепций в определенной области. Например, в медицинской онтологии класс может быть представлен как "Пациент" или "Болезнь".

- **Экземпляры:** Конкретные примеры классов. Например, "Иван Иванов" может быть экземпляром класса "Пациент".

- **Свойства:** Атрибуты, характеризующие классы и экземпляры. Например, свойства класса "Пациент" могут включать "возраст", "пол", "историю болезни".

- **Отношения:** Связи между классами и экземплярами. Например, отношения могут быть "болеет" (пациент → болезнь) или "принимает" (пациент → лекарство).

Основные элементы структуры онтологии включают:

1. **Иерархия классов:** Классы организованы в иерархическую структуру, где подклассы наследуют свойства и отношения своих суперклассов. Например, "Кардиологическая болезнь" может быть подклассом "Болезни".

2. **Аксексиомы:** Формальные утверждения, истинные в рамках онтологии. Они определяют правила и ограничения, накладываемые на концепции и их отношения.

3. **Правила вывода:** правила, позволяющие производить новые знания на основе существующих данных. Например, "если пациент имеет симптомы X и Y, то он может быть диагностирован с болезнью Z".

4. **Контекст:** Установление уровня абстракции, на котором действует онтология. Например, онтология для медицинской области может сосредотачиваться на заболеваниях, тогда как другая онтология может фокусироваться на медицинских процедурах.

#### Преимущества онтологий

1. **Стандартное представление знаний:** Онтологии предоставляют единый формат для представления информации, что облегчает её обмен между системами и исследователями.

2. **Повышенная семантическая совместимость:** Использование онтологий способствует лучшему пониманию данных и информации благодаря наличию четкой структуры и определений.

3. **Машинное понимание:** Онтологии могут быть использованы для создания систем, способных автоматически извлекать и обрабатывать информацию, что значительно увеличивает их эффективность.

4. **Управление сложностью:** Онтологии позволяют структурировать сложные системы знаний и представлять их в понятной форме.

5. **Расширяемость:** Онтологии можно легко обновлять и расширять, добавляя новые классы и отношения без необходимости переработки существующей структуры.

#### Примеры онтологий

1. **Gene Ontology (GO):** Онтология, используемая в биоинформатике, описывающая генетические функции и их связи. Она позволяет исследователям унифицировать данные о генах и белках.

2. **SNOMED CT:** Онтология в области медицины, предоставляющая универсальный язык для медицинских терминов. Она облегчает создание электронных медицинских записей и обмен данными между медицинскими учреждениями.

3. **OWL Ontology:** Онтология, использующая Web Ontology Language (OWL) для определения классов, свойств и отношений в области

веб-онтологии, помогающая в обмене и использовании знаний в семантической сети.

#### Методы создания онтологий

Создание онтологии может включать различные методы и подходы:

1. **Методы извлечения знаний:** Позволяют извлекать знания из существующих источников данных, таких как базы данных, документы и другие информационные ресурсы.
2. **Интервью с экспертами:** Сбор информации путём опросов специалистов в конкретной области для определения ключевых классов, свойств и отношений.
3. **Анализ существующих онтологий:** Изучение существующих онтологий для выявления полезных концепций и архитектур, которые могут быть использованы в новой онтологии.
4. **Совместная работа:** Плюрализм мнений и идей специалистов из различных областей позволяет создать более полную и точную онтологию.
5. **Использование шаблонов и инструментов:** Применение существующих шаблонов и инструментов для автоматизации процесса создания онтологий.

#### Проблемы и вызовы в использовании онтологий

1. **Комплексность:** Создание и поддержка онтологий может быть сложной задачей, особенно в больших системах с множеством концепций и взаимосвязей.
2. **Обновляемость:** С течением времени знания в области могут изменяться, и онтологии должны быть обновлены, чтобы оставаться актуальными.
3. **Поддержка стандартов:** Отсутствие единых стандартов для онтологий может привести к проблемам совместимости и понимания данных.
4. **Участие заинтересованных сторон:** Процесс создания онтологий требует вовлечения различных специалистов, что может быть затруднительно из-за разницы в мнениях и подходах.

5. **Интероперабельность:** Онтологии из разных областей могут не стыковаться друг с другом, что затрудняет интеграцию данных из разных источников.

### Преимущества/недостатки методов представления знаний

Метод	Преимущества	Недостатки
<b>Правила "если-то"</b>	- Простой и интуитивно понятный формат	- Ограниченная выразительность для сложных знаний
	- Хорошо подходит для систем, основанных на правилах	- Сложность управления большим количеством правил
	- Легко реализуемы в языках программирования	- Может привести к ветвлению логики при множественных условиях
<b>Сетевые модели</b>	- Гибкость и возможность отображения сложных взаимосвязей	- Могут быть трудны для восприятия и анализа
	- Позволяют эффективно представлять иерархии	- Могут быть сложны в реализации и обслуживании
	- Удобны для визуализации данных	- Не всегда обладают формальной семантикой
<b>Семантические сети</b>	- Обеспечивают интуитивную структуру для представления знаний	- Ограниченность в представлении сложных концепций
	- Хорошо подходят для моделирования отношений между концепциями	- Могут стать запутанными при сложной сети
	- Поддерживают наследование свойств	- Требуют явного определения отношений
<b>Фреймы</b>	- Поддерживают сложные структуры и контексты	- Могут быть трудны для масштабирования
	- Возможность включения методов и причинно-следственных связей	- Не всегда легко интегрируются с другими методами
	- Удобны для моделирования объектов и их атрибутов	- Сложность в управлении множественными вариантами
<b>Онтологии</b>	- Стандартизированное представление знаний	- Сложность в создании и поддержке
	- Высокая семантическая совместимость	- Необходимость вовлечения экспертов
	- Позволяют машинное понимание и автоматизацию	- Обновляемость и поддержка могут быть затруднительными

### 2.3. Представление и управление знаниями: стандарты и языки на основе OWL и RDF для онтологий

Системы представления и управления знаниями играют важную роль в области искусственного интеллекта и семантических технологий. Они позво-

ляют организовать, хранить и обрабатывать знания с целью их эффективного использования в различных приложениях, от поиска информации до автоматизированных систем принятия решений. Важной составной частью этого процесса являются онтологии, которые задают структуру и семантику знаний в определенной области. Для создания и обработки онтологий используются стандартные языки и модели, среди которых наиболее известны OWL (Web Ontology Language) и RDF (Resource Description Framework).

### Основы RDF

RDF — это язык разметки, предназначенный для описания структурированных данных. Он позволяет представлять информацию в виде триплетов, где каждый триплет состоит из субъекта, предиката и объекта. Это означает, что RDF может описывать отношения между различными ресурсами в виде утверждений. Например, утверждение "Собака — это животное" может быть представлено как триплет, где:

- Субъект: Собака
- Предикат: является
- Объект: Животное

Эта структура позволяет создать граф знаний, в котором узлы представляют сущности, а рёбра — их свойства и отношения. RDF предоставляет гибкость, позволяя описывать любые ресурсы в сети, что делает его идеальным для объединения данных из различных источников.

### OWL для онтологий

OWL — это язык, предназначенный для описания онтологий и более мелких деталей, чем RDF. Он строится на основе RDF и предоставляет расширенные возможности для формализации и описания подтипов, свойств и отношений. OWL поддерживает различные уровни семантики, которые позволяют более точно моделировать знания.

OWL делится на несколько подязыков, таких как OWL Lite, OWL DL и OWL Full, что позволяет адаптировать его к различным требованиям:

1. OWL Lite — предназначен для простых онтологий, где основной акцент делается на простоте.

2. OWL DL — обеспечивает более полную выразительность с гарантией того, что выводимые заключения могут быть вычислены с использованием полиномиального времени.

3. OWL Full — предлагает максимальную гибкость, позволяя смешивать и создавать онтологии с произвольными RDF-данными, но не поддерживает формальных ограничений, что может привести к неопределенности.

### Преимущества использования OWL и RDF

Использование стандартов OWL и RDF для представления и управления знаниями предлагает ряд преимуществ:

1. Стандартизация: Эти языки являются частью стека технологий W3C и поддерживаются множеством инструментов и форматов, что упрощает совместимость и интеграцию системы.

2. Машинная интерпретация: Языки позволяют компьютерам "понимать" и обрабатывать знания с помощью формальных семантических моделей, что критически важно для разработки интеллектуальных систем.

3. Гибкость: С их помощью возможно создание сложных моделей знаний с учетом неопределенности и сложных взаимосвязей между концепциями.

4. Интероперабельность: RDF и OWL могут соединять информации из различных источников, позволяя создавать системы, которые могут взаимодействовать друг с другом, используя общие онтологии.

5. Расширяемость: Онтологии могут быть легко расширены и модифицированы, что делает их подходящими для динамических областей, где знания постоянно обновляются.

### Применение онтологий в разных областях

Онтологии, созданные с использованием OWL и RDF, нашли применение в различных областях:

- Медицинские системы: Онтологии используются для описания медицинских терминов, заболеваний и их взаимосвязей, что позволяет создать медицинские базы данных и системы поддержки принятия решений.

- Системы управления знаниями: В компаниях онтологии помогают структурировать внутренние знания, облегчая доступ к информации и её извлечение.

- Обработка естественного языка: Онтологии могут быть использованы для улучшения понимания текста в системах машинного перевода или анализаторов.

- Интернет вещей: В этой области онтологии позволяют структурировать данные от различных устройств, обеспечивая их взаимодействие и совместимость.

#### Разработка онтологий

Разработка онтологий требует тщательно продуманного подхода, который включает несколько этапов:

1. Анализ домена: Определение области и целей, для которых создаётся онтология. Это может включать идентификацию ключевых концепций, взаимосвязей и атрибутов.

2. Проектирование: Определение структуры онтологии, включая классы, отношениями и свойства. На этом этапе может быть полезно использование инструментов, таких как Protégé, которые позволяют визуально моделировать онтологии.

3. Создание: Реализация онтологии на OWL или RDF, что может включать ручное программирование или использование автоматизированных инструментов для генерации кода.

4. Оценка: Проверка корректности онтологии с использованием семантических проверок и тестирования. Это помогает выявить проблемные места и оптимизировать структуру.



5. Обновление и поддержка: Онтологии должны регулярно обновляться в соответствии с изменениями в знаниях, поэтому поддержка и управление версиями также играют важную роль.

Примеры инструментов для работы с OWL и RDF

Существует множество инструментов и платформ, которые поддерживают создание и управление онтологиями, включая:

- Protégé: Один из самых популярных инструментов для моделирования онтологий, поддерживающий OWL и RDF. Protégé предлагает графический интерфейс для создания и редактирования онтологий и может использоваться как браузер для просмотра онтологий.

- Apache Jena: Java-фреймворк для работы с RDF и OWL, который предоставляет API для создания, хранения и обработки RDF-данных.

- TopBraid Composer: Инструмент для разработки онтологий, поддерживающий RDF и OWL, а также предоставляющий дополнительные функции для управления данными и развертывания семантических приложений.

Заключение

Использование OWL и RDF для представления и управления знаниями оказывается крайне полезным в современных условиях, когда требуется работа с большим объемом данных и сложными взаимосвязями. Эти стандарты обеспечивают не только гибкость и масштабируемость, но и возможность машинной интерпретации данных, что, в свою очередь, открывает новые горизонты для развития интеллектуальных систем. С каждым годом растет количество приложений и инструментов, которые используют онтологии, что свидетельствует о возрастающей значимости семантического подхода в управлении знаниями

## **2.4 Значение базы знаний: как правильно структурировать знания для их эффективного использования**

Значение базы знаний

1. Упрощение доступа к информации: База знаний позволяет пользователям находить нужную информацию быстрее и проще, что сокращает время, затрачиваемое на поиск.

2. Сохранение знаний: В современных организациях часто происходит текучесть кадров. База знаний помогает сохранить критически важные знания и опыт, даже если сотрудники покинут компанию.

3. Стимулирование инноваций: С централизованным доступом к информации сотрудники могут легче обмениваться идеями, что способствует инновациям и развитию.

4. Повышение эффективности: Благодаря стандартизации процессов и единому источнику информации, сотрудники могут быстрее выполнять свои задачи, избегая дублирования работы.

5. Поддержка принятия решений: База знаний предоставляет ценную информацию для принятия обоснованных решений, основываясь на доступных данных и аналитических отчетах.

Правильная структура базы знаний является одной из ключевых составляющих её успеха. Рассмотрим основные шаги по структурированию знаний.

Прежде чем приступить к созданию структуры, необходимо четко определить цели, для которых создается база знаний. Возможные задачи могут включать:

- Поддержка пользователей (helpdesk);
- Обучение и развитие сотрудников;
- Совершенствование бизнес-процессов;
- Хранение опыта и лучших практик.

Важно понять, кто будет пользоваться базой знаний. Разные группы пользователей могут иметь различные потребности и ожидания. Например, технические специалисты могут искать справочную информацию, в то время как менеджеры могут нуждаться в отчетах и анализах. Зная свою аудиторию, можно более эффективно структурировать содержимое:

- Сотрудники: информация о процедурах, правилах и политике компании.
- Клиенты: FAQ, инструкции по использованию продуктов, поддержка.
- Руководство: аналитические отчеты, стратегические рекомендации.

Категоризация знаний — это процесс организации информации в логические группы. Это можно сделать с помощью:

- Тематики: разделение информации по темам (например, финансы, маркетинг, технологии).
- Типу документа: различение инструкций, руководств, отчетов и пр.
- Частоте использования: выделение наиболее часто запрашиваемой информации для быстрого доступа.

Систематизация информации поможет пользователям быстро находить нужные данные.

Структура базы знаний должна быть интуитивно понятной и логичной. Основные элементы структуры могут включать:

- Главная страница: обзор всех доступных разделов и ресурсов.
- Категории и подкатегории: деление информации на более узкие темы.
- Поиск: механизм поиска по ключевым словам, чтобы пользователь мог быстрее находить нужные материалы.
- Теги: использование тегов для дополнительной детализации и связи между документами.

База знаний может быть более эффективной, если она интегрирована с другими системами, такими как CRM, ERP или системой поддержки. Это обеспечит автоматическое обновление данных и упростит процесс получения информации пользователями. Например, сотрудник, работающий с клиентом,

сможет мгновенно получить доступ к истории взаимодействий и релевантной документации из одной системы.

Установление четких правил и стандартов для добавления информации в базу знаний — это важный шаг. Это может включать:

- **Форматирование:** создание стандартов для оформления документов и материалов.
- **Руководства по написанию:** указания по языку, стилю и структуре, чтобы обеспечить согласованность.
- **Процедуры обновления:** регулярная проверка информации на актуальность и точность.

Обучение сотрудников тому, как пользоваться базой знаний, — важный шаг к её успешному использованию. Это может включать:

- **Вебинары:** проведение обучающих семинаров.
- **Инструкции и справочные материалы:** создание простых и наглядных руководств.
- **Поддержка пользователей:** организация службы поддержки для ответов на вопросы и решения проблем.

После запуска базы знаний важно получать обратную связь от пользователей. Это поможет выявить сильные и слабые стороны системы, а также области, требующие улучшения. Разработка метрик для оценки эффективности, таких как количество запросов, время на поиск информации и уровень удовлетворенности пользователей, поможет оценить успех базы знаний.

Хорошо структурированная база знаний является важным активом для любой организации, позволяя эффективно управлять информацией и обеспечивая доступ к ней для всех заинтересованных сторон. Правильная структура, чёткие цели, обучение пользователей и регулярная обратная связь — вот основные элементы, которые помогут создать эффективную базу знаний. В конечном итоге, успешная база знаний не только способствует повышению производительности и эффективности, но и становится основой для инноваций и постоянного развития организации.

## Глава 4: Проблемы и подходы к разработке баз знаний

### 4.1. Разработка баз знаний: этапы от сбора информации до формализации знаний

Создание базы знаний (БЗ) — это сложный и многослойный процесс, требующий внимательного планирования и организации. База знаний должна эффективно собирать, хранить и передавать информацию для улучшения работы организаций и повышения их конкурентоспособности. Рассмотрим подробнее все этапы разработки базы знаний, начиная со сбора информации и заканчивая формализацией знаний.

#### 1. Определение целей и задач базы знаний

Прежде всего, необходимо четко определить, для чего создается база знаний. Цели могут варьироваться от поддержки клиентов и сотрудников до сохранения корпоративных знаний и улучшения процессов. На этом этапе важно установить основные задачи:

- Обеспечение быстрых ответов на частые вопросы (FAQ).
- Сохранение и передача знаний, особенно в условиях текучести кадров.
- Обучение новых сотрудников.
- Улучшение качества обслуживания клиентов.

Четкое понимание целей поможет направить усилия на правильный сбор информации и структурирование базы.

#### 2. Формирование команды проекта

Следующий этап заключается в создании команды, отвечающей за разработку и поддержку базы знаний. В идеале команда должна включать:

- Проектного менеджера: для координации всех этапов разработки.
- Системного аналитика: для понимания бизнес-процессов и потребностей пользователя.
- Кураторов контента: специалистов, ответственных за сбор и актуализацию информации.

- IT-специалистов: для технической реализации и поддержки базы знаний.
- Пользователей: представителей целевой аудитории, которые помогут определить требования и ожидания.

### 3. Сбор информации

На этом этапе начинается непосредственный сбор данных и информации, которые будут храниться в базе знаний. Сбор информации может происходить через различные каналы:

- Интервью с экспертами: ключевые сотрудники могут поделиться своими знаниями и лучшими практиками.
- Анализ существующей документации: изучение уже имеющихся материалов, таких как руководства, отчеты, инструкции и пр.
- Обсуждения с командой: мозговые штурмы с командой для выявления общих вопросов и проблем, которые необходимо осветить.
- Обратная связь от пользователей: получение вопросов и проблем, с которыми сталкиваются клиенты или сотрудники, для формирования ответной информации.

Важно организовать и документировать все собранные данные, чтобы они были удобны для дальнейшей обработки.

### 4. Анализ и структурирование информации

После сбора всех необходимых данных следует этап их анализа. На этом этапе важно определить, что является важной и актуальной информацией, а что стоит исключить. Анализ включает в себя:

- Фильтрацию информации: отбор действительно ценной информации и отделение ее от менее важной.
- Классификацию: распределение информации по категориям и подкатегориям. Это может происходить по таким критериям, как тематика, уровень сложности или тип документа.
- Создание метаданных: описание каждой единицы информации с помощью тегов и ключевых слов для облегчения поиска.

Очень важно, чтобы структура была логичной и интуитивно понятной для пользователей.

## 5. Создание и форматирование контента

На стадии создания контента важно позаботиться о его качественном оформлении. Было бы разумно придерживаться определенного стандарта оформления документов, чтобы все материалы выглядели единообразно. Основные рекомендации для создания контента включают:

- Используйте четкий и понятный язык. Избегайте сложных терминов, если это не критично.
- Структурируйте содержимое: вводите заголовки, подзаголовки, списки и таблицы для лучшего восприятия.
- Добавляйте визуальные элементы: изображения, графики и диаграммы могут помочь упростить восприятие информации.
- Включите примеры и иллюстрации для лучшего понимания материала.

Форматирование играет важную роль в восприятии информации, поэтому следует гарантировать ее высочайшее качество.

## 6. Внедрение системы управления базой знаний

На данном этапе необходимо выбрать подходящую систему для управления базой знаний. Существует множество решений, как коммерческих, так и open-source, каждое из которых предлагает свои функциональные возможности. При выборе системы следует учитывать:

- Удобство и интуитивность интерфейса.
- Возможности для поиска и фильтрации информации.
- Инструменты для редактирования и обновления контента.
- Поддержку многопользовательского доступа и возможность интеграции с другими системами.

Выбор подходящей платформы поможет обеспечить доступность базы знаний для пользователей и упростить процесс управления.

## 7. Тестирование и обратная связь

Перед запуском базы знаний необходимо протестировать её работоспособность. На этом этапе важно:

- Провести тестирование с реальными пользователями, чтобы собрать отзывы о функциональности и удобстве использования.
- Определить, насколько легко пользователи могут находить информацию, и выявить возможные проблемы.
- Исправить найденные ошибки и внести необходимые коррективы в контент и структуру.

Обратная связь критически важна для создания эффективной базы знаний, поэтому следует создать механизм сбора отзывов после её запуска.

#### 8. Запуск и обучение пользователей

После завершения тестирования и внесения всех правок база знаний готова к запуску. На этом этапе рекомендуется:

- Провести презентацию для сотрудников, чтобы представить им новую систему.
- Организовать обучающие семинары и тренинги, чтобы помочь пользователям освоиться с системой.
- Разработать руководства и справочные материалы для самостоятельного изучения.

Обучение пользователей обеспечит максимальную отдачу от базы знаний и поможет внедрить её в повседневную работу.

#### 9. Постоянное обновление и поддержка

Работа с базой знаний не заканчивается с её запуском. Следует активно поддерживать и обновлять её содержимое, чтобы информация оставалась актуальной. Это включает в себя:

- Регулярное пересмотрение и обновление материалов.
- Добавление новых знаний и практик по мере их появления.
- Выявление и исправление недостатков на основе отзывов пользователей.



Создание культуры постоянного обучения и улучшения — это залог успешной эксплуатации базы знаний.

## **4.2 Сбор и структурирование знаний**

Сбор знаний — это процесс извлечения информации от экспертов, анализа данных и формулирования знаний, которые будут использованы в экспертной системе. Этот процесс можно разделить на несколько подэтапов.

### **Экспертное интервью**

Первым шагом в сборе знаний является взаимодействие с экспертами в области, для которой создаётся система. Экспертные интервью позволяют выявить ключевые аспекты проблемы и получить информацию, основанную на опыте специалистов. Важно задавать наводящие вопросы, которые помогут раскрыть детали и нюансы, заранее неизвестные разработчикам.

### **Анализ документации**

Следующим этапом может быть анализ существующей документации, такой как учебные материалы, научные статьи и руководства по предметной области. Это позволяет собрать уже имеющиеся знания, упорядочить информацию и выявить недостатки в понимании темы.

### **Наблюдение и практика**

Наблюдение за работой экспертов в реальных условиях может дать ценную информацию о скрытых аспектах их деятельности. Практическое участие в процессах позволит собрать данные о том, как действительно работают механизмы принятия решений в данной области.

### **Использование существующих баз знаний**

Существующие базы данных и системы хранения информации также могут быть использованы при сборе знаний. Например, в медицине можно использовать базы данных с ранее зафиксированными диагнозами и результатами лечения.

### **Структурирование знаний**

После того как знания собраны, их необходимо структурировать. Структурирование знаний — это процесс организации информации таким образом, чтобы она могла быть эффективно использована в рамках экспертной системы.

Существуют различные форматы представления знаний, используемых в экспертных системах, включая:

- **Правила вывода:** Знания могут быть представлены в виде "если-то" правил, которые легко интерпретируются и применяются модулем вывода. Например: "Если пациент имеет кашель и повышенную температуру, то возможно наличие инфекции".
- **Семантические сети:** Они используют графовую структуру для представления концепций и их взаимосвязей. Узлы в сети представляют идеи или объекты, а рёбра описывают отношения между ними.
- **Деревья решений:** Это графическая структура, где каждый узел — это вопрос или условие, а ветви — возможные ответы или результаты. Деревья решений подходят для линейных процессов принятия решений.

Создание онтологий — один из наиболее продвинутых подходов к структурированию знаний. Онтология определяет набор концепций и категорий в области знаний, а также их взаимосвязи. Она служит формальной спецификацией, которая помогает обеспечить понимание знаний как вручную, так и машинно.

Онтологии включают в себя описание:

- **Концепций:** основные сущности в области знания.
- **Отношений:** связи между концепциями.
- **Атрибутов:** характеристики концепций, которые могут быть использованы для их описания.

Шаблоны — это предварительно определенные структуры, которые задают рамки для организации знания. Они могут быть адаптированы для спе-

цифических задач и помогают стандартизировать процесс сбора и структурирования знаний.

Модели знаний могут разрабатываться с использованием математических или логических структур, что позволяет точно описывать сложные причинно-следственные связи.

Сбор и структурирование знаний являются краеугольным камнем разработки эффективных экспертных систем. Процессы этих этапов требуют тщательного планирования, взаимодействия с экспертами и использования современных технологий для представления и обработки знаний. Несмотря на свои ограничения, экспертные системы имеют огромный потенциал для применения в различных областях для повышения качества и скорости принятия решений. В дальнейшем развитие технологий, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, будут способствовать еще более широкой интеграции экспертных систем в повседневную практику, обеспечивая инновации и улучшение процессов в различных отраслях.

### **4.3 Выявление знаний от экспертов**

Эффективность начальных этапов разработки экспертных систем во многом определяется успешным формированием авторитетной группы экспертов и получением от них качественных знаний, составляющих основу любой экспертной системы.

Суть процесса выявления знаний заключается в организации проведения экспертами интуитивно-логического анализа проблемной области с количественной оценкой формулируемых ими суждений. На этом этапе эксперты:

- формируют объекты и понятия предметной области (цели, решения, альтернативные ситуации и т.д.);
- производят измерение характеристик (вероятности свершения событий, коэффициенты значимости целей, предпочтение решений и т.д.).

Экспертное оценивание представляет собой процесс измерения, который можно определить как процедуру сравнения объектов по выбранным показателям (признакам).

В этом определении фигурируют три понятия: объект, показатель (признак) и процедура сравнения. Объекты – предметы, явления, решения. Показатели сравнения – пространственно-временные, физические, психические и другие свойства и характеристики объектов.

Процедура сравнения включает в себя:

- определение причинно-следственной связи между объектами;
- установление степени влияния одних объектов на другие.

Введение конкретных показателей сравнения позволяет экспертам устанавливать отношения между объектами, например, «больше», «лучше», «более чем», «хуже», «одинаковы», «предпочтительнее» и т.д.

Эмпирическая система – это совокупность интересующих нас объектов вместе с системой связывающих их отношений. При экспертном оценивании предметной области важным является возможность использования для эмпирической системы с отношениями построения числовой системы с отношениями, описывающими влияние объектов и отношения между ними с помощью чисел.

Типовыми методами измерения степени влияния объектов являются:

- ранжирование;
- парное сравнение;
- непосредственная оценка.

Ранжирование – процедура упорядочения объектов по степени их влияния на результат. На основе своих знаний и опыта эксперт располагает объекты в порядке предпочтения, руководствуясь одним или несколькими показателями сравнения. В зависимости от вида отношений между объектами возможны различные варианты упорядочения объектов.

Парное сравнение представляет собой процедуру установления предпочтения объектов при сравнении всех возможных пар. В отличие от ранжи-

рования, при котором осуществляется упорядочение всех объектов сразу, парное сравнение представляет для экспертов более простую задачу.

Непосредственная оценка представляет собой процедуру приписывания объектам числовых значений в шкале интервалов. Эти значение соответствует степени влияния того или иного объекта на наблюдаемый результат. В процессе выявления знаний эксперт должен сопоставить каждому объекту значение, например, из диапазона  $[0, 1]$ . Естественно потребовать, чтобы сходным объектам приписывалось бы одно и то же значение. Измерение предпочтения в шкале интервалов можно выполнить с высокой степенью доверия только при хорошей информированности экспертов о свойствах объектов и предметной области. В ряде случаев, для ослабления этих условий за счет уменьшения точности измерения, рассматривают оценку, которая использует 5-, 10-, 100-бальные шкалы. Однако непосредственная оценка не всегда должна использовать числовые шкалы. Например, цвет объекта невозможно представить в виде какого-либо числового значения, а переход к значениям частот спектра во многих случаях затруднителен для эксперта.

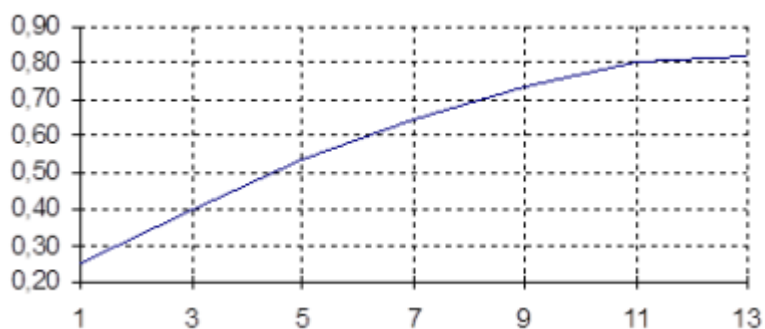
Основными характеристиками экспертов являются:

- компетентность;
- креативность;
- отношение к экспертизе;
- конформизм;
- коллективизм и самокритичность.

Основными характеристиками группы экспертов является:

- достоверность экспертизы;
- затраты на экспертизу.

Обе эти характеристики определяют количество экспертов в группе и их качество



Зависимость достоверности экспертизы от числа экспертов

Наряду с компетентностью, каждый из экспертов может характеризоваться достоверностью суждений. Эта характеристика определяется на основе информации о прошлом опыте его участия в решении проблем. Для решения проблем с высоким уровнем информационного потенциала знаний, увеличение количества экспертов в группе приводит, как это следует из теории обработки наблюдений, к монотонному возрастанию достоверности экспертизы. Опрос – это основной этап совместной работы группы экспертов.

При коллективной экспертизе используются следующие виды опроса:

- дискуссия;
- анкетирование и интервьюирование;
- метод коллективной генерации идей;
- мозговой штурм.

Результат опроса – информация, выражающая предпочтение экспертов и содержательное обоснование этих предпочтений. Наличие, как числовых данных, так и содержательных высказываний экспертов, приводит к необходимости применения качественных и количественных методов обработки результатов группового экспертного оценивания.

#### **4.4 Валидация баз знаний: методы проверки точности и полноты информации в базе**

Валидация баз знаний (БЗ) — это критически важный этап в процессе их разработки и обслуживания, который обеспечивает качество, точность и полноту информации. Без должной проверки данные в БЗ могут стать устаревшими или неверными, что приведет к ошибкам и подрыву доверия пользователей. В этой статье мы рассмотрим основные методы валидации, а также их значение и применение в процессе управления базами знаний.

Перед началом валидации важно установить четкие цели. Основными целями являются:

- Проверка точности: обеспечение правильности и достоверности информации.
- Проверка полноты: удостоверение в том, что все важные аспекты темы покрыты.
- Проверка актуальности: поддержание информации в актуальном состоянии и удаление устаревших данных.

Четкое определение целей валидации поможет выбрать правильные методы и инструменты для их достижения.

Точность информации — это основной аспект, который необходимо проверять. Вот несколько методов, которые могут помочь в этом процессе:

#### 1.1. Кросс-проверка информации

Кросс-проверка заключается в сравнении данных из БЗ с другими надежными источниками информации. Для этого можно использовать:

- Научные публикации
- Официальные отчеты
- Данные правительственных органов
- Профессиональные ассоциации и стандарты

Кросс-проверка помогает выявить несоответствия и недостатки в представленных данных.

#### 1.2. Экспертная проверка

Привлечение экспертов для проверки информации — это эффективный метод валидации. Эксперты могут оценить содержание и качество данных с точки зрения их точности. Можно организовать:

- Панели экспертов, которые регулярно проверяют информацию.
- Индивидуальные консультации с узкими специалистами.

Используя знания экспертов, организация может обеспечить высокий уровень достоверности информации.

### 1.3. Опрос пользователей

Сбор отзывов от пользователей о точности информации также может служить важным индикатором. Пользователи, сталкивающиеся с данными в работе, могут отметить возможные ошибки или уточнить неточности.

## 2. Методы проверки полноты

Полнота информации в БЗ важна для того, чтобы пользователи могли найти все необходимые материалы при работе с базой знаний. Методы проверки полноты могут включать:

### 2.1. Анализ пробелов в содержании

Анализ пробелов позволяет выявить недостающие компоненты в информации. Для этого следует:

- Определить ключевые темы и вопросы, относящиеся к конкретной области.
- Сравнить текущий контент с ожидаемым, чтобы увидеть, что отсутствует.

Этот метод полезен для систематического обновления содержания без пропусков.

### 2.2. Создание контрольных списков

Контрольные списки или шаблоны могут помочь в структурировании информации и определении, что уже покрыто, а что еще требует внимания. Такой подход позволит:

- Упорядочить информацию по категориям.
- Легко отслеживать, какие темы были обсуждены и какие — нет.



Контрольные списки также могут быть полезны для новых сотрудников. Организация фокус-групп с участниками целевой аудитории поможет получить обратную связь о полноте информации в БЗ. Участники могут обсудить, какие элементы отсутствуют или нуждаются в доработке, что может привести к существенным улучшениям.

Актуальность информации помогает поддерживать базу знаний в рабочем состоянии. Методы проверки актуальности могут включать:

Установление регулярных периодов для проверки и обновления информации (например, ежеквартально или раз в год) поможет гарантировать, что данные остаются актуальными. На этой стадии стоит:

- Составить расписание для проверки различных разделов БЗ.
- Определить ответственных за обновление информации.

Регулярные обзоры помогут избежать накопления устаревшего контента.

Отслеживание изменений в отрасли или области, связанной с данными в БЗ, также важно для обеспечения актуальности. Это можно делать через:

- Подписки на профессиональные журналы.
- Участие в конференциях.
- Подписку на уведомления о новых исследованиях и статьях.

Постоянная осведомленность о происходящих изменениях гарантирует, что база знаний всегда будет актуальной.

Регулярное получение обратной связи от пользователей о том, возникают ли у них вопросы из-за потенциальной устарелости информации, поможет быстро выявлять проблемные места. Это может включать:

- Простые опросы о том, нашли ли пользователи всю нужную информацию.
- Запросы на улучшение и примеры информации, которую необходимо обновить.

Обратная связь, полученная таким образом, будет служить ценным ресурсом для поддержания актуальности контента.

Существуют различные инструменты и технологии, которые могут помочь в процессе валидации:

- Системы управления контентом (CMS): позволяют отслеживать изменения и обновления в БЗ.
- Инструменты для сбора и анализа данных (например, Google Analytics): помогают понять, как пользователи взаимодействуют с базой и где могут возникать трудности.
- Платформы для онлайн-опросов: служат для сбора обратной связи от пользователей о точности и полноте информации.

Эти инструменты могут значительно автоматизировать и упростить процесс валидации.

#### **4.5 Обновление баз знаний: как и когда необходимо обновлять содержимое, методы и стратегии**

Обновление баз знаний (БЗ) — важный аспект управления знаниями, который обеспечивает актуальность, точность и полноту информации. Со временем данные устаревают, и для поддержания их ценности следует регулярно проводить обновления. В этой статье мы рассмотрим, как и когда необходимо обновлять содержимое БЗ, а также методы и стратегии, которые помогут провести этот процесс эффективно.

Обновление БЗ имеет несколько ключевых преимуществ:

- **Актуальность информации:** пользователи ожидают, что информация будет свежей и актуальной. Устаревшие данные могут вводить в заблуждение и снижать доверие к базе.
- **Улучшение пользовательского опыта:** предоставление актуального контента помогает лучше удовлетворять запросы пользователей, что, в свою очередь, повышает их удовлетворенность.
- **Поддержание конкурентоспособности:** компании, которые управляют своими знаниями, остаются на шаг впереди в своем секторе, так как могут своевременно адаптироваться к изменениям.

Определение времени для обновления БЗ может быть сложной задачей, однако существует несколько ключевых факторов, которые служат триггерами для обновления содержимого:

#### Изменения в законодательстве и регуляциях

Во многих отраслях изменения в законодательстве могут значительно повлиять на информацию, содержащуюся в БЗ. Следует регулярно отслеживать правовые изменения и обновлять соответствующие разделы.

#### Появление новых фактов и данных

Научные исследования или изменения в рыночных условиях могут привести к появлению новой информации. Если появляются новые данные, важно обновить базу знаний, чтобы пользователи могли получать наиболее актуальную информацию.

#### Обратная связь пользователей

Регулярный сбор обратной связи от пользователей может дать понимание того, насколько полезна информация и нужно ли ее обновление. Если пользователи сообщают о несоответствиях или устаревшем контенте, это сигнал для пересмотра данных.

#### Четкое время для регулярного обновления

Установите регулярные промежутки времени для обновления информации — например, ежеквартально или раз в полгода. Это поможет поддерживать БЗ в свежем состоянии.

#### Методы обновления содержимого

Следует рассмотреть различные методы, которые помогут успешно обновить БЗ:

#### Кросс-проверка с внешними источниками

Кросс-проверка информации с внешними источниками (научные статьи, отчеты и т. д.) помогает подтвердить актуальность данных. Сравните информацию из вашей БЗ с данными из авторитетных источников для выявления изменений.

#### Регулярные аудиты содержимого

Проведение регулярных аудитов позволяет оценить качество и актуальность информации. Во время аудита можно:

- Проверить каждые разделы информации на предмет актуальности и точности.
- Оценить, насколько полна информация в каждом разделе.
- Определить, какие аспекты требуют обновления или доработки.

#### Использование метрик и аналитики

Анализируем данные о взаимодействии пользователей с БЗ может предоставить информацию о том, какие разделы востребованы, а какие — нет. Используйте инструменты аналитики для отслеживания посещаемости, времени, проведенного на странице, и количества запросов.

#### Обратная связь от пользователей

Создайте системы для сбора и анализа обратной связи от пользователей о том, какие разделы нуждаются в обновлении. Это может быть сделано через опросы, отзывы или комментарии.

Разработка гибкой и эффективной стратегии обновления поможет систематически поддерживать БЗ в правильном состоянии:

#### Создание команды ответственных

Назначение команды, ответственной за обновление БЗ, может существенно упростить процесс. Члены команды могут быть назначены ответственными за разные области или темы, что позволит обеспечить более глубокий анализ и лучшее понимание специфики.

#### Установление процессов обновления

Четкие процессы и процедуры для обновления информации помогут избежать путаницы. Следует определить, какие этапы необходимо пройти для обновления, включая:

- Сбор данных и информации.
- Проверка и валидация обновлений.
- Внедрение изменений и их анонсирование пользователям.

#### Использование шаблонов и стандартов

Создание стандартов и шаблонов для обновления содержания поможет сохранить единообразие и повысить качество данных. Определите, какие элементы необходимо будет обновлять, и создайте шаблоны для обеспечения согласованности.

## Глава 5 Инференция и неопределенность: основные методы экспертных систем

### 5.1 Алгоритмы вывода

#### Прямой вывод

Инференционные системы, или системы вывода, играют ключевую роль в работе экспертных систем, обеспечивая процесс извлечения знаний из имеющейся базы данных. Они обеспечивают механизм, с помощью которого правило или факт могут быть применены к неопределенным данным для достижения вывода. Основные методы вывода включают прямой и обратный вывод. В данном разделе мы сконцентрируемся на прямом выводе.

Прямой вывод, известный также как детерминированный вывод или прямолинейный вывод, представляет собой метод, при котором выводы делаются на основе уже известных фактов и правил. В этом случае система использует логические правила для вывода новых фактов из существующих исходных данных. Прямой вывод предполагает, что у нас есть конкретные и четко заданные предварительные условия, и от них мы можем прийти к точным выводам.

Примером прямого вывода может служить следующая ситуация:

1. Факт: "Все люди смертны."
2. Факт: "Сократ — человек."
3. Вывод: "Сократ смертен."

В данном примере, используя правила формальной логики, мы можем прийти к выводу о смертности Сократа, опираясь на два уже известных факта.

Принципы прямого вывода

Прямой вывод основан на логических операциях. Чтобы понять, как он работает, необходимо рассмотреть несколько основных принципов:

1. **Функциональность:** Правила, формулируемые в рамках прямого вывода, могут рассматриваться как функции, где входные данные (предварительные условия) приводят к определенным выходным данным (выводам).

2. **Логические связи:** Прямой вывод основывается на логике, основанной на ясных и однозначных взаимосвязях между фактами. Эти связи чаще всего представлены в виде "если-то" правил.

3. **Дедуктивный подход:** Прямой вывод следует дедуктивной логике, где на основании общих принципов и фактов делаются специфические выводы.

#### Алгоритмы прямого вывода

Существует несколько алгоритмов и методов, которые могут применяться для реализации механизма прямого вывода. Наиболее популярные из них:

##### 1. Метод цепочки (Forward Chaining)

Метод цепочки заключается в том, что система начинает с известных фактов и применяет к ним правила вывода, пока не получит новых фактов или не достигнет желаемого результата. Этот метод является одним из наиболее известных подходов к прямому выводу. Он работает, например, в системах, основанных на правилах, таких как системы диагностики.

#### Примеры применения метода цепочки

- **Системы диагностики:** В медицине, например, система может начать с перечисления симптомов, и, применяя правила диагностики, прийти к возможным диагнозам.

- **Управление логистикой:** Системы могут на основе данных о наличии товаров и текущих заказах генерировать новые выводы о необходимости пополнения запасов или о планировании поставок.

##### 2. Логическая резолюция (Resolution)

Логическая резолюция — это метод вывода, используемый в предикатной логике, который позволяет выводить новые факты из существующих. Этот метод работает с фактическими утверждениями, прибегая к логическим

правилам. Он может быть использован как для прямого, так и для обратного вывода, но также часто применяется для ассоциативного вывода.

#### Примеры использования логической резолюции

- Вопросы и ответы: При обработке запросов в системах, таких как чат-боты или интеллектуальные агенты, резолюция помогает находить соответствия между вопросами и известными фактами.
- Системы искусственного интеллекта: Для решения задач, где необходимо выявить связи между разными объектами и факторами, резолюция может обеспечивать отсутствие конфликтов в выводах.

### 3. Планирование на основе действий (Action-Based Planning)

Этот метод используется в системах, которые требуют не только вывода, но и поддержки выполнения действий на основе выводов. Он интегрирует прямой вывод и управление, позволяя системе планировать действия на основе имеющихся данных и выводов.

#### Примеры применения планирования

- Робототехника: В рамках управления роботами, система может использовать реальные факты о состоянии окружающей среды для планирования движения и выполнения задач, основываясь на полученных выводах.
- Управление проектами: Системы могут определять последовательность задач, основываясь на текущем статусе проекта и выводах о необходимых ресурсах.

#### Прямой вывод в логике

Прямой вывод можно выразить через формулы логики. В логических системах вывод происходит через два основных правила:

1. Правило модуса поненс: Если  $A$  истинно и  $A$  ведет к  $B$ , то  $B$  также истинно.
  - Пример: Если "Если идет дождь, то дороги мокрые" ( $A$  ведет к  $B$ ) и "Идет дождь" ( $A$ ), то "Дороги мокрые" ( $B$ ).
2. Правило модуса толленс: Если  $A$  ведет к  $B$  и  $B$  неверно, то  $A$  также неверно.



○ Пример: Если "Если идет дождь, то дороги мокрые" (A ведет к B) и "Дороги не мокрые" ( $\neg B$ ), тогда "Не идет дождь" ( $\neg A$ ).

Применение прямого вывода в экспертных системах

Прямой вывод широко применяется в различных экспертных системах, включая диагностику, планирование и принятие решений.

1. Медицинские системы: В системах медицинской диагностики, таких как MYCIN, прямой вывод позволяет анализировать симптомы и предоставлять возможные диагнозы на основе собранных фактов и правил.

2. Технические системы: В системах техобслуживания, например, программное обеспечение для диагностики оборудования использует прямой вывод для выявления неисправностей на основе собранных данных о состоянии устройства.

3. Бизнес-аналитика: В системах поддержки принятия решений и бизнес-аналитики прямой вывод используется для анализа данных о продажах и клиентах, позволяя делать прогнозы.

Ограничения прямого вывода

Несмотря на полезность механизма прямого вывода, у него есть и ограничения:

1. Зависимость от правил: Прямой вывод зависит от наличия четко сформулированных правил. Если правила не полные или не точные, система может выдавать неверные выводы.

2. Отсутствие возможности учиться: В отличие от некоторых других систем, механизмы прямого вывода не учатся на своих выводах и опыте, что может сделать их менее гибкими.

3. Неэффективность при большом количестве данных: В больших базах знаний выполнение прямого вывода может быть ресурсоемким и затрудненным.

Прямой вывод является мощным и важным механизмом в рамках инференционных систем. Он позволяет эффективно извлекать новые знания на основе имеющейся информации и логических правил. Применение прямого

вывода охватывает множество областей, от медицины до бизнеса, обеспечивая поддержку в принятии решений и диагностики. Несмотря на свои ограничения, такие как зависимость от качественно прописанных правил и необходимость использования эффективных алгоритмов, прямой вывод продолжает быть основным инструментом, способствующим развитию экспертных систем и улучшению рабочих процессов.

## **Обратный вывод**

Инференционные системы, или системы вывода, являются краеугольным камнем экспертных систем, позволяя нам делать выводы на основе существующих знаний. Одним из основных механизмов вывода является обратный вывод. В этом разделе мы рассмотрим понятие обратного вывода, его принципы, методы реализации, применение, преимущества и недостатки.

### Понятие обратного вывода

Обратный вывод, также известный как дедуктивный вывод или вывод по запросу, представляет собой процесс, при котором система делает выводы, начиная с гипотезы или заключения и работает назад к фактам, которые могут её подтвердить. Это позволяет системе обсуждать, какие доказательства (факты и правила) нужны для подтверждения данной гипотезы.

Обратный вывод можно описать на примере:

1. Гипотеза: "Сократ смертен."
2. Правило: "Если кто-то человек, то он смертен."
3. Вывод: "Сократ — человек."

Здесь система начинает с гипотезы о смертности Сократа и исследует правила, чтобы определить, какие факты необходимы для её подтверждения.

### Принципы обратного вывода

Чтобы понять, как функционирует обратный вывод, нужно рассмотреть несколько его основных принципов:

1. **Гипотетический подход:** Обратный вывод начинается с предположения или гипотезы, которую необходимо подтвердить. Это делает его особенно полезным в условиях неопределенности.

2. **Работа с правилами:** Для вывода используются правила, которые помогают системе сформулировать необходимые условия для подтверждения гипотезы. Эти правила часто представлены в виде "если-то" логических утверждений.

3. **Итеративный процесс:** Обратный вывод может потребовать несколько итераций, когда система проверяет разные факты и правила, чтобы построить цепочку логических выводов.

#### Алгоритмы обратного вывода

Существует несколько подходов к реализации обратного вывода, из которых наиболее распространёнными являются:

##### 1. Метод обратной цепочки (Backward Chaining)

Метод обратной цепочки заключается в обращении к базе данных с гипотезой и попытке подтвердить её, проверяя соответствующие правила и факты. Система начинает с гипотезы и пытается доказать её истинность, работая назад к основным фактам.

#### Примеры применения метода обратной цепочки

- **Экспертные системы в медицине:** В системах диагностики, таких как MYCIN, используется метод обратной цепочки для определения возможных диагнозов на основе симптомов пациента.

- **Системы поиска:** Поисковые системы могут применять этот метод для выяснения, какие документы соответствуют определённым запросам пользователя.

##### 2. Логическая резолюция (Resolution)

Логическая резолюция также может использоваться для осуществления обратного вывода, особенно в системах, работающих на основе предикатной логики. Этот метод основан на синтаксическом выводе, который позволяет системе формировать выводы на основе имеющихся фактов и правил.

## Примеры применения логической резолюции

- Системы искусственного интеллекта: Различные AI-приложения могут использовать резолюцию для поиска доказательств конкретных утверждений или гипотез.

- Автоматизированные доказательства теорем: В математике и логике резолюция используется для автоматизации процесса доказательства теорем.

### 3. Индивидуальное планирование (Goal-Driven Planning)

Этот метод включает не только обратный вывод, но и планирование действий на основе достигнутых выводов. Система анализирует, какие действия необходимо предпринять для достижения определённой цели, исходя из доступных данных и фактов.

## Примеры применения индивидуального планирования

- Роботы и автономные системы: При формулировании задач для роботов, которые должны выполнить определённые действия, такие как транспортировка грузов, система может использовать обратный вывод для определения шагов, необходимых для достижения цели.

- Системы управления проектами: В проектах обратный вывод может помочь определить последовательность действий для достижения конкретного результата.

## Применение обратного вывода в экспертных системах

Обратный вывод находит широкое применение в различных областях, где требуется система, способная логически анализировать отношения между данными и делать выводы.

1. Медицина: В медицинских системах, таких как медицинские экспертные системы, обратный вывод используется для диагностики заболеваний на основе симптомов и лабораторных результатов. Например, система может начать с гипотезы о наличии определённой болезни и проверять наличие симптомов и историю болезни для подтверждения этой гипотезы.

2. Техника и диагностика: В сервисных системах, ответственных за техническое обслуживание оборудования, обратный вывод может использоваться для определения неисправностей. Система может начать с вывода о том, что оборудование не работает, и проверять возможные причины, используя доступные данные и правила.

3. Образование: В образовательных системах обратный вывод может помочь в разработке адаптивных учебных планов, где система определяет, какие темы нужно изучать, основываясь на предварительных знаниях и вопросах учащегося.

Преимущества обратного вывода

Обратный вывод обладает множеством преимуществ:

1. Гибкость: Система может легко адаптироваться к новым гипотезам и правилам, не требуя значительных изменений в ранее установленных фактах.

2. Устойчивость к неопределенности: Обратный вывод позволяет работать в условиях недостатка данных, создавая гипотезы и проверяя их с помощью имеющихся знаний.

3. Целенаправленность: Обратный вывод фокусируется на конкретной цели, что позволяет направлять вычислительные ресурсы на подтверждение или опровержение гипотез.

Недостатки обратного вывода

Несмотря на свои преимущества, обратный вывод имеет и слабые стороны:

1. Сложность вычислений: В некоторых случаях процесс проверки гипотезы может быть вычислительно сложным и неэффективным, особенно если количество возможных правил и фактов велико.

2. Зависимость от правил: Эффективность обратного вывода во многом зависит от качества и полноты задействованных правил. Если правила неполные или противоречивые, это может привести к неправильным выводам.

3. Кумулятивный характер: При отсутствии успешного вывода система может застрять на ненужных гипотезах, из-за чего может потребоваться дополнительное вмешательство со стороны эксперта для корректировки.

Обратный вывод является мощным инструментом в области инференционных систем. Он позволяет системам делать выводы на основе гипотез и существующих знаний, что делает его важным элементом в таких областях, как медицина, инженерия, образование и многое другое. С помощью метода обратной цепочки и логической резолюции, обратный вывод помогает анализировать данные, выявлять закономерности и принимать обоснованные решения на основе существующих знаний. Хотя он сталкивается с определёнными ограничениями, обратный вывод продолжает оставаться важным механизмом для разработки эффективных экспертных систем, способных обрабатывать сложную информацию и обеспечивать поддержку в принятии решений.

## **3.2. Алгоритмы инференции**

### **Метод резолюции**

В предыдущем разделе мы обсудили механизмы вывода, и теперь мы займемся конкретными алгоритмами инференции (нечеткого логического вывода). Одним из самых известных и широко используемых алгоритмов является метод резолюции. Этот метод стал основой для многих систем автоматических доказательств теорем и играет ключевую роль в области логического вывода. В этом разделе мы детально рассмотрим принципы работы метода резолюции, его применение, преимущества и недостатки.

#### **Понятие метода резолюции**

Метод резолюции — это алгоритмический подход к выводу, основанный на логической резолюции, который позволяет производить выводы из наборов математических утверждений или логических формул. В его основе

лежит концепция, что из двух логических выражений можно произвести новое выражение, которое будет логически следовать из них.

Резолюция основана на правилах пропозициональной логики и предикатной логики и строится следующим образом:

1. **Формулирование утверждений:** Утверждения записываются в конъюнктивной нормальной форме (КНФ), где каждое утверждение состоит из конъюнкций дизъюнкций предикатов. Это позволяет упростить процесс работы с выражениями.

2. **Применение резолюционного правила:** Если у нас есть два высказывания, одно из которых включает положительный предикат ( $A$ ), а другое — отрицательный ( $\neg A$ ), то мы можем сделать вывод, объединяя оставшиеся части этих высказываний. Например, если  $A \vee B$  и  $\neg A$ , то мы можем вывести  $B$ .

3. **Итерация:** Процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнут итоговый вывод или не будет показано, что вывод невозможен.

#### Алгоритм резолюции

Алгоритм резолюции можно представить в виде следующих шагов:

1. **Подготовка данных:** Первоначально все утверждения преобразуются в конъюнктивную нормальную форму, что гарантирует возможность извлечения резолюций.

2. **Резолюция:** Система последовательно выбирает пары утверждений для применения правила резолюции, откуда производится новое утверждение.

3. **Проверка до достижения конфликта:** Если в какой-то момент высказывание оказывается пустым (т.е. получены противоречивые результаты), это значит, что исходное предположение неверно, и вывод не может быть сделан.

4. **Завершение:** Процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнут консенсус (вывод) или не истощатся все возможные комбинации.

#### Применение метода резолюции

Метод резолюции нашел широкое применение в области искусственного интеллекта и логического вывода. Вот несколько примеров его использования:

1. Автоматические доказательства теорем: Этот метод используется в системах автоматического доказательства теорем, таких как Prover9 и E.
2. Инференционные системы: В экспертных системах резолюция используется для выполнения логических выводов, что позволяет моделировать экспертные рассуждения и принимать решения.
3. Игра в шахматы и другие логические игры: Алгоритмы резолюции могут применяться для поиска оптимальных стратегий, основанных на правилах игры.
4. Проверка на соответствие: Резолюция используется в логических формализмах для проверки истинности высказываний, что крайне полезно в логике и математике.

#### Примеры

Рассмотрим простой пример применения метода резолюции.

Предположим, у нас есть следующие утверждения:

1.  $P \vee Q$  (если  $P$  истинно, то выражение истинно, если не так, то  $Q$  должно быть истинным)
2.  $\neg P$  (предположение о том, что  $P$  ложно)

Теперь применим резолюцию:

- Из первого выражения (1) мы можем извлечь  $Q$ , используя (2): если  $\neg P$  ( $P$  ложно), то мы получаем, что  $Q$  должно быть истинным (результат  $Q$ ).

Таким образом, мы можем сделать вывод, что если  $P$  ложно, то  $Q$  истинно.

#### Преимущества метода резолюции

1. Универсальность: Метод резолюции применим к различным категориям логических выражений, включая пропозициональную и предикатную логику.



2. Автоматизация: Алгоритм может быть легко реализован в программном обеспечении, что делает его предпочтительным выбором для автоматических доказательств теорем и систем вывода.

3. Логическая строгость: Резолюция основана на формальной логике, что делает выводы, полученные с помощью этого метода, строгими и надежными.

4. Простота понимания: Метод резолюции интуитивно понятен и легок для понимания, что способствует его популярности в учебных курсах по логике и теории вычислений.

#### Недостатки метода резолюции

Несмотря на свои многочисленные преимущества, метод резолюции имеет и свои недостатки:

1. Комбинаторная сложность: С увеличением числа утверждений и сложностью логических формул количество возможных объединений для резолюции возрастает, что может значительно замедлить процесс вывода.

2. Неэффективность: В некоторых случаях метод может быть неэффективным, особенно если требуется проверить множество логических выражений. Это может привести к затяжным вычислениям и требует дополнительных оптимизаций.

3. Зависимость от формы выражений: Чтобы метод работал эффективно, входные данные должны быть в конъюнктивной нормальной форме, что может потребовать дополнительных усилий для преобразования.

4. Отсутствие контекста: Метод резолюции не учитывает контекст, в котором используются логические выражения, что может привести к некорректным выводам, если контекст важен.

Метод резолюции представляет собой мощный алгоритм для логического вывода и автоматических доказательств теорем. Его универсальность и простота в использовании делают его популярным в разнообразных областях, от искусственного интеллекта до компьютерных наук. Хотя он сталкивается с определенными трудностями, такими как комбинаторная сложность и зави-

симось от формы выражений, метод резолюции продолжает оставаться основным инструментом для работы с логическими утверждениями и системами вывода.

Таким образом, независимо от успешного применения и обширной базы теоретических обоснований, метод резолюции демонстрирует важность и необходимость ведения дальнейших исследований и разработок, чтобы повысить его эффективность и применимость в современных условиях быстроменяющегося мира.

## **Метод цепей**

В этом разделе мы подробно остановимся на методе цепей, который является одним из методов вывода в логике и искусственном интеллекте. Он представлен как мощный инструмент для решения логических задач и построения выводов на основе имеющейся информации. Метод цепей широко используется в различных областях, таких как искусственный интеллект, экспертные системы и верификация программного обеспечения.

### **Понятие метода цепей**

Метод цепей, или метод цепных выводов, основан на принципе построения связного вывода, где утверждения или формулы связываются через определённые логические отношения. Этот метод позволяет выводить новые знания на основе имеющихся, устанавливая логические связи между ними. В отличие от других методов, таких как метод резолюции, метод цепей акцентирует внимание на идентификации последовательных шагов вывода и построении логической цепочки.

### **Основные элементы метода цепей**

Метод цепей включает несколько ключевых элементов:

1. Утверждения: Базовые логические формулы, на которых строится анализ. Они могут быть в самом разнообразном виде, как простые, так и сложные.

2. Связи: Логические условные связи между утверждениями, которые могут быть представлены в виде силлогизмов или других логических правил.

3. Вывода: Процесс последовательного применения логических операций к утверждениям с целью получения выводов.

4. Цепочка: Последовательность преобразований, которая начинается с начальных утверждений и завершается выводом новой истины.

#### Алгоритм метода цепей

Алгоритм построения цепей можно представить в виде нескольких основных шагов:

1. Определение исходных утверждений: Начните с множества известной информации, которая будет служить основой для вывода.

2. Выбор логической связи: На этом этапе необходимо определить возможные связи между известными утверждениями, которые могут быть использованы для построения вывода.

3. Создание цепочек: Построение связанных цепочек вывода, где каждое новое утверждение вытекает из предыдущего. Продолжайте развивать цепочку, пока не получите желаемый вывод.

4. Проверка на завершенность: После завершения процесса вывода необходимо проверить корректность конечного вывода и его соответствие исходным данным.

5. Устранение противоречий: Если в процессе вывода возникают противоречия, их нужно разрешить.

#### Применение метода цепей

Метод цепей используется в различных областях и прикладных задачах. Вот несколько примеров его применения:

1. Экспертные системы: В экспертных системах метод цепей помогает моделировать рассуждения экспертных систем, где необходимо принимать решения на основании имеющихся знаний.

2. Автоматические системы доказательства теорем: Метод применяется для построения автоматических систем, которые могут проверять истинность сложных теорем и логических выводов.

3. Обработка естественного языка (NLP): В задачах, связанных с пониманием и генерацией языка, метод цепей помогает устанавливать семантические связи между словами и предложениями.

4. Верификация программного обеспечения: Метод используется для проверки логической корректности программных систем. Он позволяет выявлять ошибки и слабые места в логике работы программ.

5. Обоснование и построение аргументов: В логических диспутах метод цепей применяется для построения аргументации и анализа контраргументов.

#### Примеры применения метода цепей

Для лучшего понимания алгоритма давайте рассмотрим простой пример применения метода цепей.

Предположим, у нас есть следующие утверждения:

1. Если идёт дождь, то улицы будут мокрыми. ( $A \rightarrow B$ )
2. Если улицы мокрые, то прогулка станет неприятной. ( $B \rightarrow C$ )
3. Сегодня идёт дождь. ( $A$ )

Теперь мы можем построить цепочку вывода:

- Из первого утверждения ( $A \rightarrow B$ ) и наблюдения ( $A$ ) мы можем вывести, что улицы мокрые ( $B$ ).
- Затем мы применяем второе утверждение ( $B \rightarrow C$ ) к полученному выводу ( $B$ ) и получаем, что прогулка станет неприятной ( $C$ ).

Таким образом, мы сделали вывод: "Сегодня прогулка станет неприятной".

Этот простой пример иллюстрирует, как метод цепей работает с логическими утверждениями, позволяя создавать последовательный вывод.

#### Преимущества метода цепей

Метод цепей имеет ряд достоинств:

1. Структурированность: Метод позволяет четко структурировать рассуждения, что делает процесс вывода понятным и логичным.
2. Гибкость: Метод может быть адаптирован для различных логических систем и утверждений.
3. Наглядность: Визуализация цепей позволяет легко идентифицировать логические связи между утверждениями.
4. Интуитивная понятность: Процесс вывода настолько прост, что его можно обучить даже людям без специального образования в логике.
5. Применимость: Метод может быть использован для решения широкого круга задач в различных областях, включая математику, философию и искусственный интеллект.

#### Недостатки метода цепей

Несмотря на свои плюсы, у метода цепей есть и недостатки:

1. Сложность с большим количеством переменных: Когда количество утверждений и переменных увеличивается, построение цепей становится более сложным и запутанным.
2. Недостаточная автоматизация: Алгоритм требует значительных вычислительных ресурсов для обработки сложных логических систем, что может замедлить процесс вывода.
3. Неэффективность в некоторых случаях: В некоторых ситуациях метод может не привести к желаемым выводам, если логические связи неочевидны или сильно замедлены.
4. Необходимость предварительного анализа: Перед тем как начать применять метод, важно тщательно проанализировать все входные данные, чтобы избежать сути невыводимых утверждений.

#### Заключение

Метод цепей — это мощный алгоритм вывода, основанный на логических связях между утверждениями. Его простота и интуитивная понятность делают его идеальным инструментом для решения логических задач и построения логических выводов. Несмотря на существующие ограничения, ме-

тод цепей находит применение в ряде областей, включая искусственный интеллект, верификацию программного обеспечения и обработку естественного языка.

Будущее метода цепей связано с развитием технологий и нахождением путей для повышения его эффективности. Улучшение методов автоматизации и обработка больших данных могут значительно расширить возможности метода, позволяя использовать его в более сложных и разнообразных задачах. Таким образом, метод цепей остается важным инструментом в арсенале специалистов, работающих в области логики и искусственного интеллекта.

### **3.3. Примеры реализации инференционных систем**

Экспертные системы, использующие алгоритмы вывода для решения специализированных задач, становятся все более актуальными благодаря развитию технологий и увеличению объемов данных. В этой главе мы рассмотрим примеры экспертных систем, созданных за последние 10 лет, которые продемонстрировали эффективность в различных областях, таких как медицина, финансы и промышленность.

#### **1. Медицинская диагностика**

Экспертные системы для медицинской диагностики помогают врачам интерпретировать данные пациентов и осуществлять выбор терапий на основе накопленных знаний.

Пример реализации: IBM Watson Health

IBM Watson Health — это система на базе искусственного интеллекта, которая предлагает решения для улучшения диагностики и лечения заболеваний, включая рак. В последние годы Watson активно развивала свои алгоритмы, чтобы более точно анализировать медицинские данные и предоставлять рекомендации врачам.

Алгоритм работы IBM Watson Health:

1. Сбор данных: Система обрабатывает огромные объемы информации, включая медицинские записи, научные публикации и клинические испытания.

2. Анализ информации: Watson использует методы обработки естественного языка и машинного обучения для извлечения значимой информации и выявления паттернов.

3. Выдача рекомендаций: На основе анализа Watson выдает врачам рекомендации по диагностике и лечению, учитывая индивидуальные характеристики пациента и самые новые медицинские исследования.

В 2020 году Watson продемонстрировал свою эффективность в выявлении возможных вариантов лечения опухолей, показывая высокую степень точности в сравнении с традиционными подходами.

## 2. Финансовые технологии

Экспертные системы становятся важным инструментом в финансах, позволяя анализировать риски, выявлять мошенничество и управлять инвестициями.

### Пример реализации: ZestFinance

ZestFinance — это финтех-компания, которая разрабатывает экспертные системы для оценки кредитоспособности. Система использует комбинацию традиционных данных и альтернативных источников информации, таких как данные из социальных сетей.

### Алгоритм работы ZestFinance:

1. Сбор данных: Система интегрирует данные о клиентах из разных источников, включая кредитные истории и поведенческие данные.

2. Анализ данных: Используя алгоритмы машинного обучения, ZestFinance оценивает кредитные риски и предоставляет более точные рекомендации.

3. Принятие решений: На основе вывода система автоматически принимает решения о выдаче кредитов и оценке рисков.

Эта система помогает финансовым организациям минимизировать риски и предлагать более адаптированные условия кредитования клиентам.

### 3. Промышленность и производство

В последние годы экспертные системы также нашли широкое применение в промышленности для улучшения процессов и управления качеством.

Пример реализации: QuantumBlack

QuantumBlack, дочерняя компания McKinsey & Company, применяет аналитические системы в области производственных процессов. Программные решения помогают оптимизировать работы на производственных объектах, предсказывая поломки оборудования и анализируя производственные данные.

Алгоритм работы QuantumBlack:

1. Сбор данных: Система использует данные со счетчиков, датчиков и истории обслуживания оборудования.
2. Анализ данных: Применяются методы машинного обучения для выявления аномалий и предсказания возможных проблем.
3. Выводы и рекомендации: QuantumBlack генерирует рекомендации по обслуживанию и оптимизации работы оборудования, что чередуется с реальным временем.

Это позволяет значительно снизить затраты на техническое обслуживание и повысить эффективность производственных процессов.

### 4. Образование

Интересные применения экспертных систем наблюдаются также в образовании, где они помогают в создании персонализированных учебных планов.

Пример реализации: Carnegie Learning

Carnegie Learning разрабатывает системы, которые адаптируют учебные материалы под индивидуальные потребности студентов. Система использует алгоритмы, чтобы анализировать прогресс учащихся и адаптировать обучение в соответствии с их навыками.



Алгоритм работы Carnegie Learning:

1. Сбор данных: Система собирает данные о прохождении уроков и выполненных заданиях.
2. Анализ прогресса: Используя выводы и машинное обучение, система идентифицирует области, где студент может испытывать затруднения.
3. Персонализация обучения: На основе анализа, Carnegie Learning предлагает студентам дополнительные ресурсы и задания, которые помогут улучшить их навыки.

Это делает обучение более эффективным, позволяя студентам двигаться в своем темпе и концентрироваться на сложных темах.

Современные экспертные системы, демонстрируют широту применения и разнообразие возможностей в различных областях. Будь то медицина с IBM Watson Health, финансы с ZestFinance, управление производством с QuantumBlack или адаптивное обучение с Carnegie Learning — все эти системы применяют алгоритмы вывода, чтобы превращать данные в полезные рекомендации и решения.

Эти разработки служат примером того, как экспертные системы могут улучшать процессы и повышать качество принятия решений, что делает их важной частью будущего в области технологий и искусственного интеллекта.

### **5.3 Экспертные системы с неопределенными знаниями и байесовские сети доверия**

В практических задачах часто приходится оценивать гипотезы, относительно которых имеется неполная или недостаточная информация. Но несмотря на сложность точных оценок в условиях неопределенности, человеком принимаются разумные решения. Чтобы экспертные системы были полезными, они тоже должны уметь это делать. Классическим примером таких задачи является медицинская диагностика. Всегда существуют некоторые сомнения в четкости проявления симптомов того или иного заболевания. Со-

мнения в наличии у пациента конкретного заболевания сохраняются даже в том случае, когда все его симптомы отчетливо выражены. Как проявляется и учитывается неопределенность экспертной системой? Пусть используется правило:

**Если (А), То (В),**

и предположим, никакие другие правила и посылки не имеют отношения к рассматриваемой ситуации. При этом неопределенность может быть 2-х типов:

- неопределенность в истинности самой предпосылки (например, если степень уверенности в том, что А истинно составляет 90%, то какие значения примет В?);
- неопределенность самого правила (например, можно сказать, что в большинстве случаев, но не всегда, если есть А, то есть также и В).

Еще более сложная ситуация возникает в случае, если правило имеет вид:

**Если (А И В), То (С),**

где можно с некоторой степенью быть уверенными как в истинности каждой из посылок (А, В), а тем более их совместного проявления, так и в истинности самого вывода.

Типовыми проблемами при проектировании и создании экспертных систем являются следующие:

- Как количественно выразить степень определенности при установлении истинности (или ложности) некоторой части данных?
- Как выразить степень поддержки заключения конкретной посылкой?
- Как использовать совместно две (или более) посылки, независимо влияющие на заключение?
- Как быть в ситуации, когда нужно обсудить цепочку вывода для подтверждения заключения в условиях неопределенности?

Вероятность события определяется как отношение случаев, в которых данное событие происходит, к общему числу наблюдений. Объективистский

подход рассматривает вероятность отношения исходов ко всем наблюдениям в течении длительного времени. Этот подход основан на законе больших чисел, гарантирующим то, что при наличии достаточно большого количества наблюдений частота исходов, интересующего события будет стремиться к объективной вероятности. Персонифицированный, субъективистский подход рассматривает вероятностную меру как степень доверия того, как отдельная личность судит об истинности некоторого высказывания (событию). При этом постулируют, что данная личность имеет в некотором смысле отношение к этому событию. Но это не отрицает возможности того, что две личности могут иметь различные степени доверия для одного и того же суждения.

Необходимый или логический подход расширяет вероятностную меру на множество утверждений, имеющих логическую связь такую, что истинность одного из них может выводиться из другого. Вероятность здесь характеризует степень доказуемости логически выверенного заключения. Такой взгляд можно рассматривать как расширение обычной логики.

Для вероятностных расчетов используются две направления:

- по Паскалю – байесовские правила для проверки и обработки мер доверия;
- по Бэкону – правила логики для доказательства или опровержения гипотез. Общепринятые вероятности (по Паскалю) не могут быть получены из индуктивных вероятностей (по Бэкону) и, наоборот.

Объективистский и субъективный взгляды используют расчеты по Паскалю. Те же, кто поддерживают логические выводы, используют расчеты по Бэкону. Существуют экспертные системы, построенные в рамках каждого из этих направлений. Однако большинство современных экспертных систем, использующих теорию вероятностей, являются «байесовскими».

Пусть  $A$  некоторое событие. Совокупность всех элементарных событий называется выборочным пространством или пространство событий ( $\Omega$ ). Вероятность события  $A$ , обозначается  $p(A)$ . Вероятность события  $A$ , обозначает-

ся  $p(A)$  и каждая вероятностная функция  $p$  должна удовлетворять трем аксиомам:

1) Вероятность любого события  $A$  является неотрицательной

$$p(A) \geq 0 \text{ для } \forall A \in \Omega.$$

2) Вероятность всех событий выборочного пространства равна 1.

$$p(\Omega) = 1.$$

3) Если  $k$  событий являются взаимно независимыми (т.е. не могут произойти одновременно), то вероятность, по крайней мере, одного из этих событий равна сумме отдельных вероятностей.

$$p(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_k) = \sum_{i=1}^k p(A_i).$$

Аксиомы 1) и 2) можно объединить

$$1 \geq p(A) \geq 0 \text{ для } \forall A \in \Omega.$$

Это утверждение показывает, что вероятность любого события – между 0 и 1. По определению, когда  $p(A) = 0$ , то событие  $A$  никогда не произойдет. В том случае и когда  $p(A) = 1$ , то событие  $A$  должно произойти обязательно. Дополнение к  $A$ , обозначаемое  $(\neg A)$ , содержит совокупность всех событий за исключением  $A$ .

Так как  $A$  и  $\neg A$  являются взаимонезависимыми, то из аксиомы 3) следует:

$$p(A) + p(\neg A) = p(A \cup \neg A) = p(\Omega) = 1.$$

Переписывая это равенство в виде:

$$p(\neg A) = 1 - p(A),$$

определяем способ для получения:

$$p(\neg A) \text{ из } p(A).$$

Предположим теперь, что  $B$  некоторое другое событие. Тогда вероятность того, что произойдет  $A$  при условии, что произошло  $B$  записывается в

виде  $p(A|B)$  и называется условной вероятностью события  $A$  при заданном событии  $B$ . Вероятность того, что оба события  $A$  и  $B$  произойдут, называется совместной вероятностью событий  $A$  и  $B$ :

$$p(A \cap B).$$

Условная вероятность  $p(A|B)$  равна отношению совместной вероятности к вероятности события  $B$ , при условии, что она не равна 0:

$$p(A|B) = \frac{p(A \cap B)}{p(B)}.$$

Аналогично условная вероятность события  $B$  при условии  $A$ :

$$p(B|A) = \frac{p(B \cap A)}{p(A)}.$$

Таким образом:  $p(B \cap A) = p(B|A) \times p(A)$ .

Так как совместная вероятность коммутативна, то

$$p(A \cap B) = p(B \cap A) = p(B|A) \times p(A).$$

Подставляя это равенство в ранее полученное выражение для условной вероятности  $p(A|B)$  получим правило Байеса:

$$p(A|B) = \frac{p(B|A) \times p(A)}{p(B)}.$$

В ряде случаев знание того, что произошло событие  $B$ , не влияет на вероятность события  $A$  (или наоборот  $A$  на  $B$ ). Другими словами, вероятность события  $A$  не зависит от того, что произошло или нет событие  $B$ , так что

$$p(A|B) = p(A) \text{ и } p(B|A) = p(B).$$

В этом случае говорят, что события  $A$  и  $B$  являются независимыми.

Теорема Байеса Приведенные выше соотношения предполагают определенную связь между теорией вероятностей и теорией множеств. Если  $A$  и  $B$  являются непересекающимися множествами, то объединение множеств соответствует сумме вероятностей, а пересечение – произведению вероятностей

$$p(A \cup B) = p(A) + p(B) \text{ и } p(A \cap B) = p(A) \times p(B).$$

Без предположения независимости эта связь является неточной и формулы должны содержать дополнительные члены включения. Продолжая теоретико-множественную интерпретацию В, можно записать:

$$B = (B \cap A) \cup (B \cap \neg A).$$

Так как это объединение явно непересекающееся, то

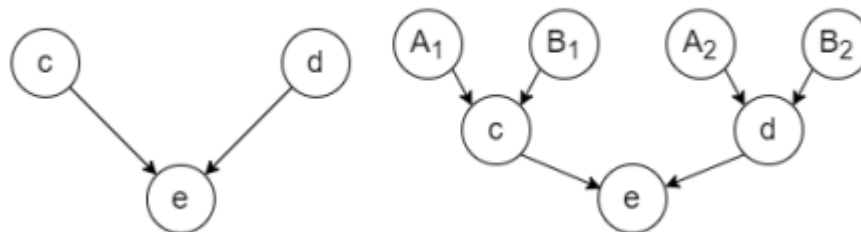
$$\begin{aligned} p(B) &= p((B \cap A) \cup (B \cap \neg A)) = p(B \cap A) + p(B \cap \neg A) = \\ &= p(B|A)p(A) + p(B|\neg A)p(\neg A). \end{aligned}$$

Возвращаясь к обозначению событий, а не множеств, последнее равенство может быть подставлено в правило Байеса

$$p(A|B) = \frac{p(B|A) \times p(A)}{p(B|A) \times p(A) + P(B|\neg A) \times p(\neg A)}.$$

Это выражение является основой для использования положений теории вероятности при учете неопределенности. Оно определяет способ получения условной вероятности события В при условии А. Это соотношение позволяет экспертным системам «делать вывод вперед и назад».

Байесовские сети доверия Байесовские сети доверия (Bayesian Belief Network) используются в задачах, которые характеризуются неопределенностью вследствие: неполного понимания задачи; неполных знаний; наличия случайных событий. 40 Для байесовских сетей доверия (БСД) используется ещё одно название – причинно-следственные сети, если случайные события в них соединены причинно-следственными связями. Такие связи наиболее часто делается в направлении от «наблюдателя» к «наблюдению», или от «эфекта» к «следствию»



Вероятность пребывания вершины «е» в различных состояниях (ek) зависит от состояний (ci , dj) вершин «с» и «d». Байесовская сеть доверия пред-

ставляется в виде направленного ациклического графа, обладающего следующими свойствами:

- каждая вершина представляет собой событие, описываемое случайной величиной, которая может иметь несколько состояний;
- все вершины, связанные с «родительскими» определяются таблицей условных вероятностей (ТУВ) или функцией условных вероятностей (ФУВ);
- для вершин без «родителей» вероятности их состояний являются безусловными (маргинальными). Другими словами, в БСД вершины представляют собой случайные переменные, а дуги – вероятностные зависимости, которые определяются через ТУВ.

Таблица условных вероятностей каждой вершины содержит вероятности состояний этой вершины при условии состояний её «родителей». Рассмотрим пример построения простейшей БСД. Однажды дерево лишилось листвы. Выясним, почему это случилось. Знаем, что листва часто опадает, если:

- дерево засыхает в результате недостатка влаги;
- или дерево болеет.

Данная ситуация может быть смоделирована байесовской сетью доверия, содержащей 3 вершины: «Болеет», «Засохло» и «Облетело»



Рассмотрим ситуацию, при которой каждая вершина может принимать всего лишь два возможных состояний и, как следствие находится в одном из них

Табличная иллюстрация БСД

Вершина (событие) БСД	Состояние 1	Состояние 2
«Болеет»	«да»	«нет»
«Засохло»	«да»	«нет»

«Облетело»	«да»	«нет»
------------	------	-------

Вершина «Болеет» говорит о том, что дерево заболело, будучи в состоянии «болеет», в противном случае она находится в состоянии «нет». Аналогично для других двух вершин. Рассматриваемая БСД, моделирует тот факт, что имеется причинно-следственная зависимость от события «Болеет» к событию «Облетело» и от события «Засохло» к событию «Облетело».

Это отображено стрелками на БСД. Когда имеется причинно-следственная зависимость от вершины А к другой вершине В, то ожидаем, что когда А находится в некотором определённом состоянии, это оказывает влияние на состояние В. Следует быть внимательным, когда моделируется зависимость в БСД. Иногда совсем не очевидно, какое направление должна иметь стрелка. В рассматриваемом примере, говорим, что имеется зависимость от «Болеет» к «Облетело», так как когда дерево болеет, это может вызывать опадание его листы. Опадание листы является следствием болезни, а не болезнь – следствием опадания листы.

На рисунке дано графическое представление байесовской сети доверия. Однако, это только качественное представление байесовской сети доверия. Перед тем, как назвать это полностью байесовской сетью доверия необходимо определить количественное представление, то есть множество таблиц условных вероятностей

Таблицы условных вероятностей для родительских вершин

Априорная вероятность $p(\text{«Болеет»})$		Априорная вероятность $p(\text{«Засохло»})$	
Болеет = «да»	Болеет = «нет»	Засохло = «да»	Засохло = «нет»
0,1	0,9	0,1	0,9

Таблица условных вероятностей для вершины-потомка

Таблица условных вероятностей $p(\text{«Облетело»})$	«Болеет», «Засохло»)
---	----------------------



	Засохло = «да»		Засохло = «нет»	
	Болеет = «да»	Болеет = «нет»	Болеет = «да»	Болеет = «нет»
Облетело = «да»	0,95	0,85	0,90	0,02
Облетело = «нет»	0,05	0,15	0,10	0,98

Заметим, что все три таблицы показывают вероятность пребывания некоторой вершины в определённом состоянии, обусловленным состоянием её родительских вершин. Но так как вершины «Болеет» и «Засохло» не имеют родительских вершин, то их вероятности являются маргинальными, т.е. не зависят (не обусловлены) ни от чего. В примере пусть известно, что дерево сбросило листву. Это свидетельство вводится выбором состояния «да» в вершине «Облетело». После этого можно узнать вероятности того, что дерево засохло. Для приведенных выше исходных данных:

$$p(\text{«Болеет»} = \text{«да»} \mid \text{«Облетело»} = \text{«да»}) = 0,47;$$

$$p(\text{«Засохло»} = \text{«да»} \mid \text{«Облетело»} = \text{«да»}) = 0,49.$$

### 3.5 Интеллектуальные системы извлечения знаний, генетические алгоритмы

Интеллектуальные системы извлечения новых знаний (обучения и самообучения) ориентированы на автоматическое накопление и формирование знаний с использованием процедур анализа и обобщения данных.

К ним относятся системы символьного, нейросетевого и эволюционного обучения. Системы символьного обучения ориентированы на интеллектуальный анализ данных (Data Mining), поиск скрытых правил и закономерностей (Knowledge Discovery), автоматические рассуждения, доказательство теорем. При поиске закономерностей задача и относящаяся к ней информа-

ция описывается в виде логических аксиом. В дальнейшем система рассматривает различные варианты задачи как теоремы, которые следует доказать.

Нейросетевые системы используют методы обучения, направленные на модификацию собственной структуры (структуры сети) и весовых коэффициентов связей между элементами. Эволюционные системы построены на принципах генетических и эволюционных процессов (алгоритмов), когда из набора кандидатов (популяции), получаемого посредством операций скрещивания и мутаций, по принятому критерию отбираются лучшие, наиболее приспособленные для решения «особи». Они реализуют один из эффективных подходов к решению многомодальных (имеющих несколько локальных экстремумов) оптимизационных задач большой размерности. Эволюционные вычисления не гарантируют обнаружения глобального экстремума целевой функции (оптимального решения) за определенное время, однако, позволяют найти «хорошие» решения очень трудных задач.

Основными направлениями исследований в области эволюционных вычислений являются следующие:

- эволюционное программирование;
- эволюционные стратегии;
- генетические алгоритмы. В основе эволюционного программирования

лежит идея представления альтернатив решения задачи в виде универсальных конечных автоматов, которые способны реагировать на стимулы, поступающие из окружающей среды.

Абстрактный автомат в теории алгоритмов (Л.Дж. Фогель, 1960 г.) – модель дискретного устройства, имеющего один вход, один выход и в каждый момент времени находящегося в одном состоянии из множества возможных. На вход поступают символы одного алфавита, на выходе формируются символы (в общем случае) другого алфавита. Автомат может быть представлен в виде графа, вершинами которого являются состояния, а дуги – переходами между ними. Как правило, автоматы используются для описания поведения программного обеспечения, аппаратных и технических средств.

Эволюционные стратегии (И. Рехенберг, 1964 г.) – это эвристические методы оптимизации, основанные на принципах адаптации и эволюции. Альтернативы представляется единым массивом, воздействие стратегией на которые осуществляется с учетом семантики альтернатив и направлено на улучшение значений входящих в них параметров. При поиске решения вначале происходит скрещивание особей для получения потомков и их мутация, а затем выполняется детерминированный отбор без повторений лучших особей из родителей и порожденных потомков.

Отличительной особенностью генетических алгоритмов (Дж. Холланд, 1975 г.) является представление любой альтернативы решения в виде кодовой (как правило, битовой) строки фиксированной длины, манипуляции с которой проводятся в отсутствие всякой связи с ее смысловой интерпретацией.

Рассмотрим более подробно основные вопросы построения и использования генетических алгоритмов. На рисунке проиллюстрирована схема естественного отбора в природе.



Суть естественного отбора, как основного механизма эволюции, состоит в том, что более приспособленные особи имеют больше возможностей для выживания и размножения и, следовательно, приносят больше потомства, чем плохо приспособленные особи. При этом благодаря передаче генетической информации (генетическому наследованию) потомки наследуют от родителей основные их качества. Таким образом, потомки сильных индивидуумов также будут относительно хорошо приспособленными, а их доля в общей массе особей будет возрастать. После смены нескольких десятков или сотен

поколений средняя приспособленность особей данного вида заметно возрастает.

Механизмы генетического наследования в природе основан на том, что в каждой клетке любого животного содержится вся генетическая информация этой особи. Эта информация записана в виде набора очень длинных молекул ДНК. Каждая молекула ДНК – это цепочка, состоящая из молекул нуклеотидов четырех типов, обозначаемых А, Т, С и G. Собственно, информацию несет порядок следования нуклеотидов в ДНК.

Генетический код индивидуума – это просто очень длинная строка символов, где используются всего 4 буквы.

В животной клетке каждая молекула ДНК окружена оболочкой такое образование называется хромосомой. Каждое врожденное качество особи (цвет глаз, наследственные болезни, тип волос и т.д.) кодируется определенной частью хромосомы, которая называется геном этого свойства. Так, ген цвета глаз содержит информацию, которая кодирует определенный цвет глаз. Различные значения гена называются его аллелями. При размножении животных происходит слияние двух родительских половых клеток и их ДНК взаимодействуют, образуя ДНК потомка.

Основной способ взаимодействия кроссовер (crossover, скрещивание). При кроссовере ДНК предков делятся на две части, а затем обмениваются своими половинками. При наследовании возможны мутации из-за радиоактивности или других влияний, в результате которых могут измениться некоторые гены в половых клетках одного из родителей. Измененные гены передаются потомку и придают ему новые свойства.

Если эти новые свойства полезны, они, скорее всего, сохранятся в данном виде – при этом произойдет скачкообразное повышение приспособленности вида.

Рассмотрим основные понятия генетических алгоритмов.

Ген (свойство) – атомарный элемент хромосомы, может быть битом, числом или неким другим объектом.

Аллель – значение конкретного гена.

Локус – положение конкретного гена в хромосоме.

Хромосома (цепочка) – упорядоченная последовательность генов.

Генотип (код) – упорядоченная последовательность хромосом. Особь (индивидуум) – конкретный экземпляр генотипа.

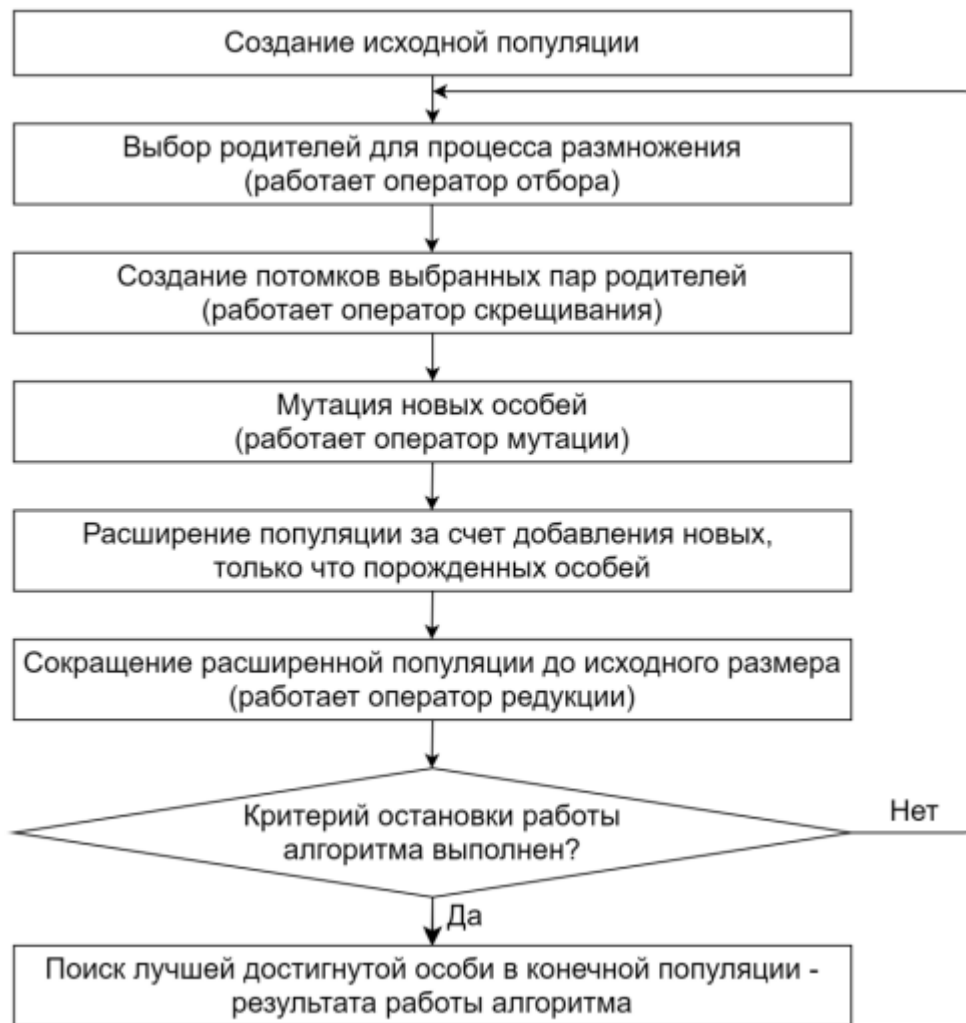
Фенотип – набор значений, соответствующих генотипу (представляет собой интерпретацию генотипа с точки зрения решаемой задачи).

Распространен случай, когда генотип состоит всего из одной хромосомы и представляется в виде битовой строки. Таким образом, ген – это бит; генотип (хромосома) – битовая строка, заданной размерности и с определенным положением битов; особь – конкретный набор битов (0 и 1).

На каждом шаге работы генетический алгоритм использует несколько точек поиска одновременно. Совокупность этих точек является набором особей, который называется популяцией. Количество особей в популяции называют размером популяции. На каждом шаге генетический алгоритм обновляет популяцию путем создания новых особей и уничтожения ненужных.

Чтобы отличать популяции на каждом из шагов и сами эти шаги, их называют поколениями и обычно идентифицируют по номеру. Например, популяция, полученная из исходной популяции после первого шага работы алгоритма, будет первым поколением, после следующего шага вторым и т. д.

При работе алгоритма генерация новых особей происходит на основе моделирования процесса размножения. При этом, естественно, порождающие особи называются родителями, а порожденные – потомками. Выбор родителей для скрещивания выполняется случайным образом с помощью оператора отбора. При этом, один родитель может участвовать в нескольких скрещиваниях и необязательно, чтобы все родители участвовали в размножении. На рисунке показана типовая схема генетического алгоритма.



Родительская пара, как правило, порождает пару потомков. Непосредственная генерация новых кодовых строк из двух выбранных происходит за счет работы оператора скрещивания, который также называют кроссинговером (англ. crossover). Моделирование процесса мутации новых особей осуществляется за счет работы оператора мутации, применяемого к случайно выбранным потомкам за счет изменения случайного выбранного гена.

Поскольку размер популяции фиксирован, то порождение потомков должно сопровождаться уничтожением особей. Выбор лучших («жизнеспособных») особей из числа родителей и потомков выполняет оператор редукции, который уничтожает худшие («малоприспособленные») особи. Основным правилом отбора является закон эволюции – «выживает сильнейший», который обеспечивает улучшение искомого решения. В некоторых источниках процесс приведения расширенной популяции к исходному размеру рас-

смаатривается не с точки зрения уничтожения худших особей (редукции), а с точки зрения выбора лучших (отбора). Операторы отбора, скрещивания, мутации и редукции называют генетическими операторами. Отбор и мутация выполняются с использованием элементов случайности, скрещивание и редукция по строго детерминированным правилам.

Остановка генетического алгоритма происходит в случаях, когда:

- сформировано заданное число поколений;
- исчерпано время, отведенное на эволюцию;
- популяция достигла заданного качества – значение критерия одной, нескольких или всех особей превысило заданный порог;
- достигнут некоторый уровень сходимости – особи в популяции стали настолько подобными, что дальнейшее их улучшение происходит чрезвычайно медленно.

Основные отличия генетических алгоритмов от традиционных методов поиска решений:

- Генетические алгоритмы работают с кодовыми строками, от которых зависят значения аргументов целевой функции и, соответственно, значение самой целевой функции. Интерпретация этих кодов выполняется только в операторе редукции. В остальном работа алгоритма не зависит от смысловой интерпретации кодов.

- Для поиска лучшего решения генетический алгоритм на отдельном шаге использует сразу несколько точек поискового пространства (несколько вариантов решения задачи) одновременно, а не переходит от точки к точке, как это делается в традиционных методах. Это позволяет преодолеть один из их недостатков опасность попадания в локальный экстремум целевой функции, если она не является унимодальной (т.е. имеет несколько экстремумов). Использование нескольких точек одновременно значительно снижает такую возможность.

- Генетический алгоритм использует как вероятностные правила для порождения новых точек для анализа, так и детерминированные правила для

перехода от одних точек к другим. Одновременное использование элементов случайности и детерминированности дает значительно больший эффект, чем раздельное.



## Глава 6: Развитие и будущее экспертных систем

### 6.1. Проблемы и вызовы

#### Ограниченная область знаний

Одной из главных проблем традиционных экспертных систем является ограниченность их области знаний. Эти системы созданы для работы в строго определенных пределах, и нарушение этого баланса часто приводит к снижению точности и эффективности. Для решения задач, которые выходят за рамки уже установленной базы знаний, экспертная система может проявлять недостаточную гибкость и неадекватные результаты. В отличие от человека, который может адаптироваться к новым условиям и применять творческий подход, экспертные системы, как правило, следуют заданным алгоритмам и правилам. Это означает, что для каждой новой области нужно создавать отдельную систему, что требует значительных затрат времени и ресурсов.

#### Трудности в обновлении и поддержке базы знаний

Создание и обновление базы знаний — это сложная проблема в разработке экспертных систем. Требования и условия в выбранной области могут изменяться, и поддержка актуальности информации требует регулярных вмешательств со стороны экспертов. Отсутствие актуальных данных может привести к недостоверным выводам и ошибкам в принятии решений. Кроме того, процесс обновления базы знаний часто требует значительных усилий и ресурсов, что может быть непрактичным для организаций с ограниченными бюджетами.

#### Понимание и объяснение решений

Экспертные системы должны не только предоставлять ответы, но и делать это понятно для пользователей. Одна из трудностей заключается в разработке систем, способных объяснить свои решения. Человеческие эксперты могут обосновывать свои выводы, предоставляя необходимый контекст, одна-

ко традиционные ЭС обычно работают на основе сложных алгоритмов, которые обеспечивают "черный ящик". Это может вызвать недоверие у пользователей, особенно в критических областях, таких как медицина или юриспруденция, где объяснение каждого шага процесса имеет жизненно важное значение.

#### Инертность и адаптивность

Экспертные системы часто характеризуются инертностью. Это свойство может выражаться в них в виде недостаточной способности реагировать на динамические изменения внешней среды. Таким образом, когда условия изменяются, например, в случае новых нормативов в медицине или изменениях в законодательстве, системы могут оказаться неэффективными. Человеческие эксперты способны быстро адаптироваться и учитывать новый контекст, тогда как ЭС нуждаются в доработке и перенастройке, чтобы учитывать эти изменения, что ведет к задержкам в принятии решений.

#### Проблема "заселения" экспертов

Процесс создания качественной базы знаний в исследуемой сфере требует значительных усилий со стороны опытных специалистов. Однако проблема заключается в том, что в некоторых областях может быть недостаток экспертов, готовых делиться своими знаниями и опытом. Такой "дефицит" экспертов усложняет процесс разработки и поддержания систем. Даже если эксперт согласен, препятствием могут стать временные затраты, необходимые для сбора и формализации знаний, а также сложность в их структурировании.

#### Сложности с интеграцией

Интеграция экспертных систем в уже существующие информационные системы и бизнес-процессы может представлять собой серьезные проблемы. Многие традиционные системы работают на устаревших технологиях или имеют специфические протоколы, что может привести к несовместимости с новыми ЭС. В таких случаях необходимо дополнительное время и ресурсы для разработки интерфейсов и моста между различными системами. Важно отметить, что это часто приводит к значительным издержкам на этапе внед-

рения, что может отталкивать организации от использования таких технологий.

#### Ограниченное понимание неопределенности и боковой информации

Многие экспертные системы не способны адекватно обрабатывать неопределенные или неполные данные, которые часто встречаются в реальных сценариях. Это многослойная проблема, представляющая собой как трудности в самообучении, так и взаимодействие с базами знаний. Человеческие эксперты способны интуитивно интерпретировать данные, принимая во внимание недостающую информацию, что позволяет им делать обоснованные предположения. Но для ЭС, основанных на строгих правилах, работа с неопределенностью может привести к ошибочным выводам.

#### Этические и юридические аспекты

С развитием технологий в области искусственного интеллекта также возникают вопросы этической природы и ответственности. Экспертные системы могут принимать решения, имеющие серьезные последствия для жизни и здоровья людей. В случае ошибки в работе системы, вопрос о том, кто несет ответственность: разработчики, пользователи или сама система, может стать предметом юридической борьбы. Процесс программирования включает в себя закладывание определенной этической модели, что может быть непростым заданием, учитывая разнообразие культурных и социальных норм.

#### Стоимость разработки и внедрения

Разработка и внедрение экспертных систем может потребовать значительных инвестиций. Создание базы знаний, формализация правил и обучение пользователей требуют времени и ресурсов. Для малых и средних компаний это может стать серьезным финансовым бременем. С учетом вышеуказанных проблем возврат на инвестиции часто оказывается низким, что делает такие проекты менее привлекательными в глазах бизнеса.

#### Конкуренция с новыми технологиями

С развитием технологий искусственного интеллекта появляются новые подходы, такие как машинное обучение и нейронные сети. Эти методы де-

монстрируют значительные преимущества по сравнению с традиционными экспертными системами в плане гибкости и способности к самообучению. Компании и исследовательские институты все чаще обращают внимание на эти современные технологии, что ставит традиционные экспертные системы в менее выгодное положение на рынке.

## **6.2. Критерии успешности**

Для того чтобы экспертные системы действительно были полезными, необходимо, чтобы они соответствовали определённым критериям успешности. Давайте подробно рассмотрим эти критерии и их влияние на эффективность экспертных систем.

Одним из основных критериев успешности экспертных систем является точность их выводов и рекомендаций. Система должна быть способна правильно интерпретировать входные данные и предоставлять обоснованные результаты. Неправильные выводы могут привести к серьёзным последствиям, особенно в таких областях, как медицина или право. Например, в медицинских экспертных системах (например, MYCIN) точность диагностики и назначение лечения напрямую влияют на здоровье пациентов. Надежность системы определяется её способностью *consistently delivering accurate and relevant outputs over time*.

Чтобы экспертная система была успешной, её база знаний должна быть актуальной и постоянно обновляться. Знания в разных областях со временем устаревают; новые исследования и открытия могут значительно изменить подходы к решению конкретных задач. Поэтому критически важно, чтобы процессы добавления и обновления информации в базе знаний были динамичными и поддерживались профессионалами, обладающими актуальными знаниями в своей области. Системы, которые не могут адаптироваться к новым данным, быстро становятся неэффективными.

Пользователи должны понимать, как и почему система пришла к тем или иным выводам. Это особенно важно в областях, где высока ответственность за принятые решения (например, в медицине или юриспруденции). Объяснимость моделей ЭС становится важнейшим критерием, так как она способствует доверию пользователей к системе. Экспертные системы, которые могут предоставить ясные и понятные объяснения своих выводов, более вероятно будут принимать быстрее и более широко использоваться.

Успешная экспертная система должна быть удобной и интуитивно понятной в использовании. Интерфейс пользователя должен быть спроектирован таким образом, чтобы минимизировать время на обучение и облегчить работу с системой. Чем проще в использовании будет система, тем выше вероятность её внедрения и использования в реальных бизнес-процессах. Удобный интерфейс может значительно повысить эффективность взаимодействия между пользователем и системой, что в свою очередь будет способствовать лучшим результатам.

Современные экспертные системы должны быть гибкими и способными адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям. Это включает в себя возможность интеграции новых данных, технологий и методов в свои процессы. Например, система, использующая методы машинного обучения, может автоматически улучшать свои результаты с течением времени, обучаясь на новых данных. Гибкость также включает возможность настройки системы под конкретные потребности пользователя или организации, что делает её более универсальной.

Чтобы экспертные системы были успешными, они должны иметь возможность интегрироваться в существующие бизнес-процессы и информационные системы. Способность ЭС взаимодействовать с другими платформами и технологиями (например, системами управления базами данных, CRM или ERP) позволяет получать более полную картину данных и делать более обоснованные выводы. Это также упрощает внедрение системы, делает её частью общего бизнес-процесса, что значительно увеличивает ценность системы.

Критерий экономической целесообразности играет ключевую роль в принятии решения о внедрении экспертной системы. Организации необходимо оценить, насколько высоки потенциальные выгоды от использования системы по сравнению с её стоимостью разработки, внедрения и поддержки. Экспертные системы должны предлагать четкую и измеримую выгоду, будь то сокращение затрат, улучшение качества услуг или повышение производительности. Например, успешные ЭС в новых областях часто демонстрируют краткосрочные или долгосрочные финансовые выгоды, что подтверждает их целесообразность.

Системы должны быть способными масштабироваться в соответствии с ростом бизнеса и увеличением объёмов данных. Масштабируемость означает, что система может обрабатывать возрастающий объем данных и пользователей без значительного ухудшения производительности. Это делает системы более устойчивыми к изменениям в условиях бизнес-среды и позволяет им адаптироваться к новым требованиям рынка без необходимости полной переработки.

Одним из важных факторов успешности экспертных систем является наличие активного сообщества пользователей и специалистов, предоставляющих поддержку, обучение и обмен знаниями. Таким образом, пользователи могут легко находить ответы на свои вопросы или получать помощь в решении проблем. Наличие качественных обучающих материалов и доступ к опыту других пользователей способствуют повышению эффективности работы с системой и её успеху.

Внедрение экспертных систем также вызывает этические и правовые вопросы, которые должны учитываться при их разработке и внедрении. Системы должны быть способными трактовать данные с учетом законов о защите персональных данных и этических норм. Принимая решения, они должны избегать предвзятости и обеспечивать справедливость. Это особенно актуально в медицине, где ошибки могут иметь серьезные последствия для

здоровья людей. Разработка ЭС с учетом этических стандартов способствует их принятию и успешному внедрению в практику.

### **6.3. Новые тренды в разработке экспертных систем**

С развитием технологий, особенно в сфере машинного обучения (МО) и глубокого обучения, появились новые тренды, которые значительно изменяют подход к разработке и внедрению экспертных систем. Давайте подробнее рассмотрим эти тренды и их влияние на будущее экспертных систем.

Машинное обучение становится неотъемлемой частью экспертных систем. Традиционно ЭС основывались на фиксированных правилах и логике, сформированной экспертами в различных областях. Однако, с появлением алгоритмов МО, системы могут учиться на основе больших объемов данных и адаптироваться к новым ситуациям.

Пример: В медицине системы, основанные на МО, могут анализировать медицинские записи для выявления паттернов, что позволяет улучшать диагностику и прогнозирование заболеваний. Это не только улучшает качество медицины, но и минимизирует ошибочные диагнозы, основанные на статических правилах.

Глубокие нейронные сети (ГНС) открывают новые горизонты в разработке экспертных систем. Они способны анализировать сложные структуры данных, такие как изображения, аудио и текст, предоставляя углубленную аналитику и более точные выводы.

Пример: В области компьютерного зрения, ГНС могут быть использованы для анализа медицинских изображений (рентгеновских снимков, МРТ) с целью выявления патологий. Это позволяет создания экспертных систем, которые значительно превосходит человеческий опыт в плане точности и скорости анализа данных.

Объясняемый ИИ (ХАИ) становится ключевым аспектом развития экспертных систем. Объяснимость решений алгоритмов МО помогает пользова-

телям понять, как и почему система пришла к тем или иным выводам. Это особенно важно в таких критически важных областях, как медицина и финансы, где прозрачность и доверие имеют первостепенное значение.

Пример: Экспертные системы в финансах, использующие ХАИ, могут предоставлять аналитикам информацию о том, какие факторы наиболее влияли на предсказания, что помогает лучше понимать риски и принимать более обоснованные решения.

Современные экспертные системы все чаще используют автоматизацию для сбора и обработки данных. Большие объемы информации могут быть быстро и эффективно обработаны с помощью инструментов автоматизации, что позволяет экспертным системам работать с актуальными данными в реальном времени.

Пример: В страховой отрасли, системы могут автоматически собирать данные о заявках, анализировать их и давать рекомендации по странам. Это сокращает время обработки и делает процессы более эффективными.

Существуют настоятельные тренды к использованию комбинированных подходов, где экспертные системы объединяют различные методы ИИ, такие как классические алгоритмы поиска, логика, статистические методы и МО. Это позволяет системам более гибко подходить к решению задач.

Пример: в сельском хозяйстве, комбинированные системы могут анализировать данные о погоде, состоянии почвы и биологических факторах для оптимизации процессов посева и сбора урожая, что приводит к повышению производительности.

Облачные технологии предоставляют новые возможности для экспертных систем, позволяя обеспечивать доступ к вычислительным ресурсам и данным в режиме реального времени. Это позволяет разработчикам фокусироваться на качестве продукта, а не на управлении инфраструктурой.

Пример: Экспертные системы для управления цепочками поставок могут использовать облачные платформы для анализа данных в реальном времени, что помогает в принятии оперативных решений.



Современные экспертные системы все чаще разрабатываются с учетом возможностей применения в различных областях. Это способствует большему взаимодействию между дисциплинами и использованию знаний из разных сфер.

Пример: В экологии, эксперты могут разрабатывать системы, которые учитывают природные и социальные факторы, помогая принимать более обоснованные решения о защите окружающей среды, используя данные из биологии, социологии и экономики.

Персонализация становится важной частью разработок в области экспертных систем. Системы, способные адаптироваться под конкретного пользователя или группы пользователей, создают более ценный пользовательский опыт и повышают эффективность принятия решений.

Пример: Экспертные системы в области образовательных технологий могут адаптироваться под потребности и уровень знаний пользователя, предоставляя персонализированные рекомендации по обучению.

Анализ данных в реальном времени и атрибуция причин становятся все более актуальными в контексте экспертных систем. Возможность мгновенно обрабатывать и анализировать поступающие данные открывает двери для более оперативного принятия решений.

Пример: В услугах быстрого реагирования (например, службы экстренной помощи), системы могут анализировать данные о происшествиях в реальном времени, что позволяет им принимать решения о распределении ресурсов более эффективно.

С увеличением объема данных и сложностью систем возрастает и значение кибербезопасности. Современные экспертные системы нуждаются в инструментах, обеспечивающих защиту от угроз и уязвимостей.

Пример: В финансовых системах, внедрение экспертных систем для мониторинга транзакций может помочь в выявлении мошеннических действий и реагировании на их предотвращение.

Развитие экспертных систем под влиянием новых трендов в области искусственного интеллекта и машинного обучения открывает новые горизонты для их применения. Интеграция перспективных технологий, таких как глубокое обучение, объясняемый ИИ и автоматизация процессов, позволяет создать более интеллектуальные, гибкие и эффективные системы. Эти изменения не только улучшают качество принятия решений, но и обеспечивают более глубокое понимание процессов и данных, что в конечном итоге приводит к большей эффективности во многих отраслях. Ожидается, что экспертные системы продолжат развиваться, становясь все более важными инструментами в современном мире, способными решать сложнейшие задачи и повышать качество жизни людей.

## Приложения

### Полезные ссылки на онлайн-ресурсы и инструменты

Вот некоторые полезные ссылки на онлайн-ресурсы и инструменты, которые могут помочь в проектировании экспертных систем

#### Инструменты для разработки

- **Платформы для разработки ИИ:**
  - **TensorFlow** — популярная библиотека для машинного обучения, доступная и для русскоязычных разработчиков. [TensorFlow](#)
  - **PyTorch** — еще одна мощная библиотека для глубокого обучения. [PyTorch](#)

#### Экспертные системы

- **Исследования по экспертным системам:** Научная библиотека eLIBRARY.RU содержит множество статей и диссертаций на тему разработки экспертных систем. [eLIBRARY.RU](#)
- **Система АСУ ТП:** Информационные системы управления технологическими процессами. Примеры можно найти на сайте [АСУ ТП](#).

#### Форумы и сообщества

- **Stack Overflow на русском** — здесь можно задать вопросы и получить помощь по разработке: [Stack Overflow на русском](#)
- **Хабр** — полезный ресурс для изучения IT-тем, включая статьи о разработке экспертных систем: [Хабр](#)

#### Инструменты для прототипирования и тестирования

- **Django** — веб-фреймворк для быстрого создания прототипов, доступен на русском: [Django](#)
- **RapidMiner** — инструмент для анализа данных и моделирования, который может быть полезен при разработке экспертных систем: [RapidMiner](#)

#### Правовые аспекты

- **КонсультантПлюс** — ресурс, предоставляющий актуальную информацию о правовых аспектах разработки программного обеспечения в России: [КонсультантПлюс](#)

## Примеры кода

### *Пример 1.*

Пример создания простой экспертной системы на Python с использованием библиотеки **expertsystem**. Мы создадим систему, которая будет помогать пользователям в выборе подарка на основе их предпочтений.

### **Установка библиотеки**

Для начала установите библиотеку **expertsystem** (если она не установлена):



```
bash
1 pip install expertsystem
2
```

### Пример кода

```
from expertsystem import ExpertSystem
```

```
# Создаем класс для нашей экспертной системы
```

```
class GiftExpertSystem(ExpertSystem):
```

```
    def setup(self):
```

```
        self.add_rule("Если возраст < 18, тогда подарок: игрушка",
```

```
                      lambda age: age < 18,
```

```
                      "игрушка")
```

```
        self.add_rule("Если возраст >= 18 и увлечение: спорт, тогда подарок:  
спортивный инвентарь",
```

```
                      lambda age, hobby: age >= 18 and hobby == "спорт",
```

```
                      "спортивный инвентарь")
```

```
        self.add_rule("Если возраст >= 18 и увлечение: чтение, тогда подарок:  
книга",
```

```
                      lambda age, hobby: age >= 18 and hobby == "чтение",
```

```
                      "книга")
```

```

self.add_rule("Если возраст >= 18 и увлечение: технологии, тогда подарок: гаджет",
              lambda age, hobby: age >= 18 and hobby == "технологии",
              "гаджет")

self.add_rule("Если ничего из вышеперечисленного, тогда подарок: подарочный сертификат",
              lambda: True,
              "подарочный сертификат")

def get_gift(self, age, hobby):
    return self.infer(age, hobby)

# Запуск экспертной системы
if __name__ == "__main__":
    gift_expert = GiftExpertSystem()
    gift_expert.setup()

    # Получаем ввод от пользователя
    age = int(input("Введите ваш возраст: "))
    hobby = input("Укажите ваше увлечение (спорт/чтение/технологии): ").strip().lower()

    # Выводим результат
    gift = gift_expert.get_gift(age, hobby)
    print(f"Рекомендуемый подарок: {gift}")

```

### Как работает код

1. **Создание правил:** Мы настраиваем набор правил на основе возраста и увлечений пользователя. Каждое правило определяет условия для выдачи соответствующего подарка.

2. **Получение введенных данных:** Пользователь вводит возраст и увлечение.
3. **Проверка правил:** Метод `get_gift` проверяет все правила и возвращает подходящий подарок.

## Запуск

Чтобы запустить код, просто сохраните его в файл, например, `gift_expert.py`, и запустите в командной строке:

```
bash
1 python gift_expert.py
2
```

## Пример работы

```
Plain Text
1 Введите ваш возраст: 25
2 Укажите ваше увлечение (спорт/чтение/технологии): технологии
3 Рекомендуемый подарок: гаджет
4
```

## Пример 2.

Создадим более сложную экспертную систему, экспертную систему, которая будет служить для диагностики возможных заболеваний на основе симптомов, которые указывает пользователь. Мы будем использовать Python и библиотеку `numpy` для работы с массивами и логикой.

### Пример кода экспертной системы для диагностики заболеваний

```
import numpy as np
```

```
# Класс для хранения правил и диагностики
```

```
class DiseaseExpertSystem:
```

```
    def __init__(self):
```

```
        self.rules = []
```

```

def add_rule(self, symptoms, disease):
    self.rules.append((symptoms, disease))

def diagnose(self, symptoms):
    scores = {}
    for rule_symptoms, disease in self.rules:
        score = sum(symptom in symptoms for symptom in rule_symptoms)
        scores[disease] = scores.get(disease, 0) + score
    # Возвращаем болезни, которые имеют максимальный балл
    max_score = max(scores.values(), default=0)
    diagnoses = [disease for disease, score in scores.items() if score ==
max_score]

    return diagnoses if max_score > 0 else ["Неизвестное заболевание"]

def setup(self):
    # Правила диагностики
    self.add_rule(["кашель", "лихорадка", "головная боль"], "Грипп")
    self.add_rule(["кашель", "высокая температура", "боль в горле"],
"Ангины")
    self.add_rule(["потеря аппетита", "тошнота", "боль в животе"], "Га-
стрит")
    self.add_rule(["кашель", "одышка"], "Бронхит")
    self.add_rule(["высокая температура", "озноб", "боль в мышцах"],
"COVID-19")
    self.add_rule(["резкая боль в правом боку", "тошнота"], "Аппенди-
цит")
    self.add_rule(["боль в груди", "одышка", "потеря сознания"], "Ин-
фаркт")

```



```
# Запуск экспертной системы
if __name__ == "__main__":
    disease_expert = DiseaseExpertSystem()
    disease_expert.setup()

    # Получаем ввод от пользователя
    print("Введите симптомы через запятую (например, кашель, лихорадка):")

    user_input = input()
    symptoms = [s.strip().lower() for s in user_input.split(",")]

    # Получаем диагноз
    diagnosed_diseases = disease_expert.diagnose(symptoms)

    # Выводим результат
    print("Вероятные заболевания:", ", ".join(diagnosed_diseases))
```

### **Как работает код**

1. Создание правил: Мы используем метод `add_rule`, чтобы добавить набор симптомов и соответствующее заболевание в систему.
2. Диагностика: Метод `diagnose` принимает список симптомов, подсчитывает, сколько раз каждый набор симптомов совпадает с правилами, и возвращает болезни с максимальным количеством совпадений.
3. Ввод данных: Пользователь вводит симптомы через запятую, и программа выводит вероятные заболевания.

### **Запуск**

Сохраните этот код в файл, например, **disease\_expert.py**, и запустите его:

```
bash
```

```
1 python disease_expert.py  
2
```

## Пример работы

```
1 Введите симптомы через запятую (например, кашель, лихорадка):  
2 кашель, высокая температура, боль в горле  
3 Вероятные заболевания: Ангины  
4
```

### *Пример 3.*

Давайте создадим более сложную экспертную систему для диагностики заболеваний, которая будет включать дополнительные функции, такие как использование весов для симптомов, возможность учитывать возраст и пол пациента, а также логирование и хранение историй заболеваний. Мы будем использовать Python и библиотеку pandas для удобного хранения данных.

```
import pandas as pd
```

```
class DiseaseExpertSystem:
```

```
    def __init__(self):
```

```
        self.rules = []
```

```
        self.history = pd.DataFrame(columns=["age", "gender", "symptoms", "diagnosis"])
```

```
    def add_rule(self, symptoms, disease, weight=1):
```

```
        self.rules.append({"symptoms": symptoms, "disease": disease, "weight": weight})
```

```
    def diagnose(self, age, gender, symptoms):
```

```
        scores = {}
```

```

for rule in self.rules:
    score = sum(symptom in symptoms for symptom in rule["symptoms"]) *
rule["weight"]
    scores[rule["disease"]] = scores.get(rule["disease"], 0) + score

max_score = max(scores.values(), default=0)
diagnoses = [disease for disease, score in scores.items() if score ==
max_score]

return diagnoses if max_score > 0 else ["Неизвестное заболевание"]

def log_history(self, age, gender, symptoms, diagnosis):
    self.history = pd.concat([self.history, pd.DataFrame([[age, gender, symptoms,
diagnosis]]),
                                columns=self.history.columns)],
                                ignore_index=True)

def setup(self):
    self.add_rule(["кашель", "лихорадка", "головная боль"], "Грипп",
weight=2)
    self.add_rule(["кашель", "высокая температура", "боль в горле"], "Анги-
ны", weight=3)
    self.add_rule(["потеря аппетита", "тошнота", "боль в животе"], "Гастрит",
weight=1)
    self.add_rule(["кашель", "одышка"], "Бронхит", weight=2)
    self.add_rule(["высокая температура", "озноб", "боль в мышцах"],
"COVID-19", weight=5)
    self.add_rule(["резкая боль в правом боку", "тошнота"], "Аппендицит",
weight=4)

```

```
self.add_rule(["боль в груди", "одышка", "потеря сознания"], "Инфаркт",  
weight=5)
```

```
def show_history(self):  
    return self.history
```

```
# Запуск экспертной системы
```

```
if __name__ == "__main__":  
    disease_expert = DiseaseExpertSystem()  
    disease_expert.setup()
```

```
# Получаем ввод от пользователя
```

```
age = int(input("Введите ваш возраст: "))  
gender = input("Введите ваш пол (мужчина/женщина): ").lower()  
print("Введите симптомы через запятую (например, кашель, лихорадка):")  
user_input = input()  
symptoms = [s.strip().lower() for s in user_input.split(",")]
```

```
# Получаем диагноз
```

```
diagnosed_diseases = disease_expert.diagnose(age, gender, symptoms)
```

```
# Логируем историю
```

```
disease_expert.log_history(age, gender, symptoms, diagnosed_diseases)
```

```
# Выводим результат
```

```
print("Вероятные заболевания:", ", ".join(diagnosed_diseases))
```

```
# Показать историю заболеваний
```

```
print("\nИстория заболеваний:")  
print(disease_expert.show_history())
```

## Описание кода

1. **Правила диагностики:** В дополнение к симптомам и заболеваниям мы добавили вес для каждого правила. Это позволяет учитывать важность разных симптомов при вычислении диагнозов.
2. **История заболеваний:** Мы используем **pandas** для хранения и логирования истории заболеваний, включая возраст, пол, симптомы и диагноз. Это позволяет вести учет всех обращений.
3. **Функция диагностики:** Она учитывает вес симптомов, чтобы обеспечить более точную диагностику, а результат выводится на экран.
4. **Пользовательский ввод:** Пользователь вводит возраст, пол и симптомы, после чего система выдает диагноз и сохраняет запись в истории.

## Запуск программы

Сохраните код в файл, например, **super\_disease\_expert.py**, и выполните его:

```
bash
1 python super_disease_expert.py
2
```

## Пример работы

```
1 Введите ваш возраст: 30
2 Введите ваш пол (мужчина/женщина): мужчина
3 Введите симптомы через запятую (например, кашель, лихорадка):
4 кашель, высокая температура, боль в горле
5 Вероятные заболевания: Ангины
6
7 История заболеваний:
8   age  gender  symptoms  diagnosis
9  0   30  мужчина [кашель, высокая температура, боль в горле] [Ангины]
10
```