

## Лекция 3. Экспертные системы

### Вопросы

1. Сущность понятия «экспертные системы»
2. Структура экспертной системы
3. Разработка и использование экспертных систем
4. Классификация экспертных систем

В начале 1980-х гг. в исследованиях по искусственному интеллекту сформировалось самостоятельное направление, получившее название «экспертные системы».

Экспертные системы (ЭС) — это сложные программные комплексы, аккумулирующие знания специалистов в конкретных предметных областях и тиражирующие этот эмпирический опыт для оказания консультаций менее квалифицированным пользователям. Исследователи в области ЭС для названия своей дисциплины часто используют также термин «инженерия знаний», введенный Е. Фейгенбаумом и означающий «привнесение принципов и инструментария исследований из области искусственного интеллекта в решение трудных прикладных проблем, требующих знаний экспертов». Программные средства, базирующиеся на технологии экспертных систем, или инженерии знаний, получили значительное распространение в современном мире.

Экспертные системы отличаются от систем обработки данных тем, что в них в основном используются символьный (а не числовой) способ представления, символьный вывод и эвристический поиск решения (а не исполнение известного алгоритма).

Экспертные системы способны пополнять свои знания в ходе взаимодействия с экспертом. В настоящее время технология экспертных систем используется для решения различных типов задач (интерпретация, предсказание, диагностика, планирование, конструирование, контроль, отладка, инструктаж, управление) в самых разнообразных прикладных областях, таких как финансы, нефтяная и газовая промышленность, энергетика, транспорт, фармацевтическое производство, космос, металлургия, горное дело, химия, образование, целлюлозно-бумажная промышленность, телекоммуникации и связь и др.

Типичная статическая ЭС состоит из следующих основных компонентов:

- решатель (интерпретатор);
- рабочая память (РП), называемая также базой данных (БД);
- база знаний (БЗ);
- компоненты приобретения знаний;
- объяснительный компонент;
- диалоговый компонент.

База данных (рабочая память) предназначена для хранения исходных и промежуточных данных решаемой в текущий момент задачи.

База знаний (БЗ) в ЭС предназначена для хранения долгосрочных данных (а не текущих), описывающих рассматриваемую область, и правил, описывающих целесообразные преобразования данных этой области.

Решатель, используя исходные данные из рабочей памяти и знания из БЗ, формирует такую последовательность правил, которые, будучи примененными к исходным данным, приводят к решению задачи.

Компонент приобретения знаний автоматизирует процесс наполнения ЭС знаниями, осуществляемый пользователем-экспертом.

Объяснительный компонент расшифровывает, как система получила решение задачи (или почему она не получила решения) и какие знания она при этом использовала, что облегчает эксперту тестирование системы и повышает доверие пользователя к полученному результату.

Диалоговый компонент ориентирован на организацию дружественного общения с пользователем как в ходе решения задач, так и в процессе приобретения знаний и объяснения результатов работы.

В разработке ЭС обычно участвуют представители следующих специальностей:

- эксперт в проблемной области, задачи которой будет решать ЭС;
- инженер по знаниям — специалист по разработке ЭС (используемую им технологию (методы) называют технологией (методами) инженерии знаний);
- программист по разработке инструментальных средств (ИС), предназначенных для ускорения разработки ЭС.

Эксперт определяет знания (данные и правила), характеризующие проблемную область, обеспечивает полноту и правильность введенных в ЭС знаний.

Инженер по знаниям помогает эксперту выявить и структурировать знания, необходимые для работы ЭС, осуществляет выбор инструментальных средств, которые наиболее подходят для данной проблемной области, и определяет способ представления знаний в этом инструментарии, выделяет и программирует (традиционными средствами) стандартные функции, типичные для данной проблемной области, которые будут использоваться в правилах, вводимых экспертом.

Программист разрабатывает ИС (если инструментарий разрабатывается заново), содержащие все основные компоненты ЭС, и осуществляет их сопряжение с той средой, в которой они будут использованы.

Необходимо отметить, что отсутствие среди участников разработки инженеров по знаниям (т. е. их замена программистами) чаще всего приводит к неудаче процесса создания ЭС либо значительно удлиняет его.

Экспертная система может работать в двух режимах: в режиме приобретения знаний и в режиме решения задачи (называемом также «режимом консультации» или «режимом использования ЭС»).

В режиме приобретения знаний общение с ЭС осуществляется (через посредничество инженера по знаниям) эксперт. Он, используя компонент приобретения знаний, наполняет систему знаниями, которые позже позволят

ЭС в режиме решения самостоятельно (уже без эксперта) решать задачи из определенной проблемной области. Эксперт описывает проблемную область в виде совокупности данных и правил, где данные определяют объекты, их характеристики и значения, существующие в области экспертизы, а правила определяют способы манипулирования с данными, характерные для рассматриваемой области.

В режиме консультации общение с ЭС осуществляется конечный пользователь, которого интересует результат и (или) способ его получения. При этом данные о задаче пользователя после их обработки диалоговым компонентом поступают в рабочую память. Решатель на основе входных данных из рабочей памяти, общих данных о проблемной области и правил из БЗ формирует решение задачи. Заметим, что ЭС при решении задачи не только исполняет предписанную последовательность операции, но и предварительно формирует ее.

Класс «экспертные системы» сегодня объединяет несколько тысяч различных программных комплексов, которые можно классифицировать по различным критериям.

#### Классификация по решаемой задаче

Интерпретация данных – это одна из традиционных задач для экспертных систем. Под интерпретацией понимается определение смысла данных, результаты которого должны быть согласованными и корректными. Обычно предусматривается многовариантный анализ данных, например, обнаружение и идентификация различных типов океанских обитателей, определение основных свойств личности по результатам психодиагностического тестирования и др.

Диагностика. Под диагностикой понимается обнаружение неисправности в некоторой системе, где неисправность — это некоторое отклонение от нормы. Такая трактовка позволяет с единых теоретических позиций рассматривать и неисправность оборудования в технических системах, и заболевания живых организмов, и всевозможные природные аномалии. Например, это может быть диагностика ошибок в аппаратуре или математическом обеспечении ЭВМ и др.

Мониторинг. Основная задача мониторинга — непрерывная интерпретация данных в реальном масштабе времени и сигнализация о выходе тех или иных параметров за допустимые пределы. Главные проблемы при этом — пропуск тревожной ситуации и «инверсная» проблема ложного срабатывания. Примерами являются контроль за работой электростанции, помощь диспетчерам атомного реактора, контроль аварийных датчиков на химическом заводе и др.

Проектирование — состоит в подготовке спецификаций на создание объектов с заранее определенными свойствами. Под спецификацией здесь понимается весь набор необходимых документов, включая чертежи, пояснительные записки и т.д. Для организации эффективного проектирования (и в еще большей степени — перепроектирования) необходимо формировать не только сами проектные решения, но и мотивы

их принятия. Таким образом, в задачах проектирования тесно связаны два основных процесса, выполняемых в рамках соответствующей ЭС: процесс вывода решения и процесс объяснения. Примером может являться проектирование конфигураций ЭВМ, синтез электрических схем и др.

**Прогнозирование.** Прогнозирующие системы логически выводят вероятные следствия из заданных ситуаций. В прогнозирующей системе обычно используется параметрическая динамическая модель, в которой значения параметров «подгоняются» под заданную ситуацию. Выводимые из этой модели следствия составляют основу для прогнозов с вероятностными оценками. Примеры: предсказание погоды, оценка будущего урожая, прогнозы в экономике и др.

**Планирование.** Под планированием понимается нахождение планов действий, относящихся к объектам, способным выполнять некоторые функции. В таких ЭС используются модели поведения реальных объектов, чтобы логически вывести последствия их планируемой деятельности. Примеры: планирование поведения робота, планирование промышленных заказов, планирование эксперимента и др. **Обучение.** Системы обучения диагностируют ошибки при изучении какой-либо дисциплины с помощью ЭВМ и подсказывают правильные решения. Они аккумулируют знания о гипотетическом «ученике» и его характерных ошибках, а затем при работе способны диагностировать слабости в знаниях обучаемых и находить соответствующие средства для ликвидации пробелов в знаниях. Кроме того, подобные системы планируют акт общения с учеником, в зависимости от успехов ученика, с целью передачи знаний.

В общем случае все системы, основанные на знаниях, можно подразделить на системы, решающие задачи анализа и задачи синтеза. Основное отличие задач анализа от задач синтеза заключается в следующем: если в первых из них множество решений может быть перечислено и включено в систему, то во вторых множество решений потенциально строится из решений компонентов или подпроблем. Таким образом, задача анализа — это интерпретация данных и диагностика, а к задачам синтеза относятся проектирование и планирование. Возможны также комбинированные задачи: обучение, мониторинг, прогнозирование.

## **1. Введение в экспертные системы**

Экспертные системы были разработаны в 1960-1970-х годах в рамках исследований в области искусственного интеллекта. Основной целью создания ЭС было стремление помочь людям в принятии решений, предоставив компьютеру возможность анализировать информацию и предлагать решения на основе накопленных знаний.

Экспертные системы содержат структурированные знания, полученные от специалистов (экспертов) в определённой области. Они предназначены для того, чтобы помочь пользователю в решении сложных задач, не обладая глубокими знаниями в данной области. Так, система позволяет обрабатывать огромные массивы данных и извлекать из них ключевые факты и

закономерности, которые затем могут быть использованы для выработки рекомендаций.

Экспертные системы широко применяются в различных областях, включая медицину, инженерию, геологию, экономику и бизнес, где они помогают диагностировать проблемы, оценивать риски и прогнозировать последствия различных сценариев.

## 2. Основные элементы и архитектура экспертных систем

Экспертная система состоит из нескольких ключевых компонентов, каждый из которых выполняет определённые функции. Основные компоненты ЭС:

### 2.1 База знаний

База знаний — это центральный элемент экспертной системы, содержащий информацию и правила, которыми пользуются эксперты в процессе принятия решений. База знаний может включать факты, эвристики, правила (например, «если-то»), вероятностные оценки и другие формы представления знаний.

База знаний строится на основе экспертных знаний, полученных от специалистов в конкретной области. Для создания базы знаний применяются методы и технологии семантического анализа, онтологии и других подходов к формализации знаний.

### 2.2 Механизм вывода

Механизм вывода — это модуль, который обрабатывает базу знаний и генерирует решения на основе заданных фактов и правил. Механизм вывода может использовать различные методы логического вывода, включая дедуктивный, индуктивный и вероятностный.

Механизм вывода сопоставляет текущую ситуацию (входные данные) с правилами, находящимися в базе знаний, и на основе этого генерирует ответ или рекомендации. Примером метода вывода является механизм «если-то», при котором система находит правило, соответствующее текущей ситуации, и применяет его.

### 2.3 Подсистема объяснений

Подсистема объяснений предоставляет пользователю объяснения относительно того, как система пришла к определённому решению. Подсистема объяснений важна, так как она позволяет пользователю понять, какие именно правила и факты были использованы для выработки рекомендаций, что способствует доверию к системе.

### 2.4 Интерфейс пользователя

Интерфейс пользователя — это компонент, который обеспечивает взаимодействие пользователя с системой. Он позволяет вводить данные, задавать параметры и получать результаты. Современные интерфейсы для экспертных систем могут включать текстовые и графические элементы, а также элементы интерактивного общения.

---

## 3. Принцип работы экспертной системы

Работа экспертной системы основывается на последовательности шагов, каждый из которых отвечает за определённый этап процесса анализа данных и принятия решения.

1. Ввод данных: Пользователь вводит исходные данные, такие как симптомы в случае медицинской системы или параметры конструкции в инженерной системе.
2. Активизация механизма вывода: Механизм вывода начинает анализировать данные на основе правил, содержащихся в базе знаний. Этот процесс включает последовательное применение правил и их сопоставление с введёнными данными.
3. Проверка правил и генерация решений: Система проверяет применимые правила и на основе них формирует набор возможных решений. Для каждого решения система может рассчитать вероятность или степень уверенности, если используются вероятностные методы.
4. Выдача рекомендаций и объяснений: Система предоставляет пользователю результаты анализа и объяснения, указывая, на основе каких данных и правил были сделаны выводы.

---

#### 4. Преимущества и ограничения экспертных систем

Экспертные системы предлагают ряд преимуществ, которые делают их полезными в различных областях, но также имеют свои ограничения.

##### 4.1 Преимущества

- Эффективность и точность: ЭС могут работать с большими объемами данных и принимать решения быстрее, чем человек, что снижает вероятность ошибок.
- Доступность знаний: Экспертные системы позволяют сохранить и передать знания экспертов, что особенно полезно в ситуациях, где эксперты недоступны.
- Автоматизация решений: ЭС могут работать без постоянного контроля человека, автоматически предоставляя рекомендации на основе данных.

##### 4.2 Ограничения

- Ограниченность базы знаний: Эффективность ЭС зависит от полноты базы знаний. Недостаточная база знаний может ограничить точность и применимость системы.
- Отсутствие гибкости: Экспертные системы могут работать только в рамках заданных правил и не могут легко адаптироваться к новым ситуациям.
- Зависимость от экспертов: Создание ЭС требует участия экспертов для формирования базы знаний, что может быть трудоемким и затратным процессом.

---

#### 5. Примеры применения экспертных систем в различных отраслях

Экспертные системы широко используются в различных областях для решения сложных задач и оптимизации процессов.

## 5.1 Медицина

Экспертные системы помогают врачам диагностировать заболевания, выбирать оптимальные методы лечения и прогнозировать результаты. Примером может служить система MYCIN, разработанная для диагностики бактериальных инфекций и рекомендации антибиотиков.

## 5.2 Финансы

В финансах экспертные системы применяются для анализа рыночных данных, оценки кредитоспособности и управления инвестициями. Такие системы помогают принимать обоснованные решения, минимизировать риски и прогнозировать изменение цен.

## 5.3 Промышленность и инженерия

Экспертные системы используются для диагностики оборудования, планирования технического обслуживания и проектирования сложных технических систем. Они помогают инженерам анализировать данные о состоянии оборудования и предлагать оптимальные меры по обслуживанию.

## 5.4 Управление и бизнес

В управлении и бизнесе экспертные системы используются для оптимизации процессов, планирования ресурсов и управления персоналом. Такие системы могут анализировать производительность сотрудников, планировать графики работы и прогнозировать результаты изменений в бизнес-процессах.

---

## 6. Проблемы и перспективы развития экспертных систем

Несмотря на успехи в развитии экспертных систем, существуют и проблемы, требующие решения для дальнейшего повышения эффективности.

- Актуализация знаний: Необходимость постоянно обновлять базу знаний, так как знания в определённых областях быстро устаревают.
- Интеграция с другими ИИ-технологиями: Современные ИИ-системы должны интегрировать экспертные системы с нейронными сетями и методами машинного обучения для повышения точности решений.
- Этика и ответственность: Использование ЭС в критических областях, таких как медицина и право, поднимает вопросы ответственности за решения, принятые системой.

---

Экспертные системы играют важную роль в решении сложных задач, автоматизации принятия решений и передачи знаний в таких областях, как медицина, финансы, инженерия и бизнес. Развитие ЭС продолжает изменять подходы к обработке информации и принятию решений.

Перспективы включают интеграцию с нейросетями, повышение гибкости и адаптивности, а также расширение применения в различных отраслях.

Экспертные системы (ЭС) играют важную роль в различных областях — от медицины и финансов до промышленности и права. Несмотря на их успешное применение, развитие ЭС сталкивается с рядом проблем, которые необходимо решать для дальнейшего повышения их эффективности,

точности и адаптивности. Рассмотрим основные проблемы, с которыми сталкиваются разработчики и пользователи ЭС, а также перспективные направления развития, которые помогут преодолеть существующие ограничения и расширить функциональные возможности ЭС.

### Проблемы развития экспертных систем

#### 1.1 Ограничения базы знаний и необходимость её актуализации

Одной из главных проблем является необходимость поддерживать базу знаний актуальной. Множество отраслей быстро развиваются, и знания устаревают, теряя свою актуальность. В результате база знаний может становиться неактуальной, что негативно сказывается на качестве принимаемых решений.

- Сложность актуализации знаний: процесс добавления новых знаний и обновления устаревших может быть трудоемким и затратным.
- Зависимость от экспертов: для добавления новых знаний часто требуется участие экспертов, которые могут быть заняты или недоступны, что замедляет процесс актуализации.

#### 1.2 Высокие затраты на создание и поддержку экспертных систем

Разработка и поддержка ЭС требуют значительных затрат, как временных, так и финансовых. Эксперты должны делиться своими знаниями, а инженеры по знаниям — структурировать эти знания и внедрять их в систему.

- Трудоемкость процесса разработки: создание ЭС требует большой работы, связанной с сбором и структурированием знаний.
- Затраты на обслуживание: обновление системы, устранение ошибок и поддержка системы требуют дополнительных затрат.

#### 1.3 Ограничения гибкости и адаптивность

Экспертные системы обычно разрабатываются для узкоспециализированных задач и плохо адаптируются к новым условиям или изменениям среды. Такие системы недостаточно гибки, чтобы учесть все возможные варианты и контексты.

- Ограниченность применения: ЭС сложно масштабировать на новые задачи без значительной переработки базы знаний и механизма вывода.
- Отсутствие адаптивного обучения: многие ЭС не могут учиться на новых данных без ручного вмешательства, что делает их менее адаптивными по сравнению с системами машинного обучения.

#### 1.4 Проблемы с интерпретацией и объяснением решений

Пользователям экспертных систем зачастую необходимо понять, каким образом система пришла к определенному выводу или рекомендации. Однако современные ЭС не всегда обеспечивают достаточную прозрачность процесса принятия решений.

- Нехватка объясняемости: многие системы не дают четких объяснений, какие правила и данные были использованы для принятия решения.
- Сложности верификации решений: если пользователи не могут понять, как система пришла к выводу, это затрудняет проверку и корректировку её работы.

## 1.5 Этические и юридические вопросы

С расширением применения экспертных систем, особенно в критически важных областях, возникают вопросы этики и ответственности. Кто несет ответственность за ошибку, допущенную экспертной системой — разработчики, эксперты, предоставившие знания, или пользователи, принявшие решение на основе рекомендаций системы?

- Этические вопросы: как избежать предвзятости в принятии решений и гарантировать объективность работы системы?
- Юридические вопросы: необходимость разработки правовых норм, регулирующих использование ЭС и ответственность за их ошибки.

## 2. Перспективы развития экспертных систем

Несмотря на существующие проблемы, у экспертных систем есть множество перспектив для улучшения, которые могут существенно повысить их функциональные возможности и расширить области применения.

### 2.1 Интеграция с методами машинного обучения

Одним из наиболее перспективных направлений развития является интеграция ЭС с методами машинного обучения. Совмещение традиционных экспертных систем и ИИ позволяет создавать гибридные системы, которые могут обучаться на новых данных и адаптироваться к изменяющимся условиям.

- Автоматическое обновление знаний: использование машинного обучения позволяет ЭС самостоятельно обновлять свою базу знаний, анализируя новые данные.
- Адаптивность и гибкость: благодаря ИИ-составляющей, экспертные системы могут улучшать свою производительность, адаптируясь к новым условиям.

### 2.2 Повышение объяснимости решений

Для того чтобы экспертные системы были более прозрачными, необходимы улучшения в их способности объяснять решения. Новые методы разработки могут позволить ЭС предоставлять пользователям обоснованные объяснения своих выводов.

- Интерфейсы с функцией объяснения: добавление модуля объяснений, который позволит пользователям понимать, как система пришла к определенному выводу, что повысит доверие к системе.
- Визуализация принятия решений: визуальные представления правил и логики работы системы позволяют лучше понять процесс вывода решений.

### 2.3 Использование облачных технологий и IoT для повышения доступности

Облачные технологии и Интернет вещей (IoT) предоставляют возможности для хранения данных и обеспечения доступа к системе из любой точки мира.

- Облачные экспертные системы: перенос ЭС в облако позволяет пользователям обращаться к системе через интернет, что повышает доступность.

- Интеграция с IoT-устройствами: экспертные системы могут взаимодействовать с IoT-устройствами, собирая данные в реальном времени, что увеличивает точность и актуальность информации.

#### 2.4 Модульная архитектура и расширение области применения

Разработка модульной архитектуры позволяет экспертной системе легче адаптироваться к новым задачам. Это открывает возможности для создания универсальных ЭС, которые можно настроить для различных сфер.

- Модульность: позволяет расширять систему новыми функциями, добавляя модули для анализа различных типов данных.
- Гибкость применения: системы, состоящие из отдельных модулей, можно настраивать и перенастраивать для работы в различных отраслях и задачах.

#### 2.5 Совершенствование этических стандартов и нормативной базы

Для обеспечения безопасности и ответственности за использование ЭС важно разработать нормативные акты и стандарты, регулирующие разработку и применение экспертных систем.

- Этические стандарты: внедрение принципов справедливости, прозрачности и соблюдения конфиденциальности данных.
- Регулирование ответственности: определение ответственности за решения, принятые на основе рекомендаций ЭС, особенно в критически важных областях, таких как медицина или право.

#### 2.6 Расширение применения экспертных систем в новых областях

Совершенствование и развитие ЭС открывает возможности для их применения в таких новых областях, как экология, образование, агропромышленный комплекс и многие другие.

- Экология: экспертные системы могут помочь в прогнозировании изменений климата, оценке воздействия на окружающую среду и разработке экологически безопасных решений.
- Образование: ЭС могут анализировать данные об обучении и адаптировать учебные программы под каждого учащегося.
- Сельское хозяйство: применение ЭС для управления посевными площадями, прогнозирования урожайности и оптимизации использования ресурсов.

#### Заключение

Экспертные системы представляют собой мощный инструмент для решения сложных задач в различных областях. Несмотря на существующие проблемы, такие как необходимость актуализации базы знаний, ограниченная гибкость и этические вопросы, перспективы развития экспертных систем остаются многообещающими. Интеграция с ИИ, повышение объяснимости, использование облачных технологий и расширение области применения позволяют экспертным системам стать ещё более эффективными и востребованными.

1. Об утверждении Концепции развития искусственного интеллекта на 2024 – 2029 годы Постановление Правительства Республики Казахстан от 24 июля 2024 года № 592.

2. Человек и системы искусственного интеллекта / Под ред. д. акад. РАН В.А. Лекторского. — СПб.: Издательство «Юридический центр», 2022 — 328 с.

3. Джураев Ш.С. Искусственный интеллект в менеджменте // Интернаука. - 2021. - № 25-1 (201). С. 80-82.

4. А.И. Соснило. Атлас искусственного интеллекта для бизнеса и власти. – СПб: Университет ИТМО, 2022. – 98 с.

5. Ключко В.А. Технологии искусственного интеллекта в менеджменте научоемких предприятий // Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА. 2023. № 1. С. 105-117.

#### Дополнительная

1. Балаганская, В.С. Искусственный интеллект в управлении персоналом: возможности и риски / В.С. Балаганская, О.Л. Чулanova // Новое поколение. - 2019. - № 20. - С. 19–24.

2. Никулин Л.Ф. Искусственный интеллект и трансформация менеджмента // Экономический анализ: теория и практика. 2023. Т. 22. № 3 (534). С. 556-573.

3. Бахтин А.В., Ремизова И.В. Элементы искусственного интеллекта в системах управления : учебное пособие /СПб ГТУРП. – СПб., 2014. – 54 с.

4. Иванов, В. М. И20 Интеллектуальные системы: учебное пособие / В. М. Иванов. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 92 с.

#### Исследовательская инфраструктура

1. Обустроенная аудитория для проведения СРДП

Профессиональные научные базы данных

1. Предприятия и организации Республики Казахстан.

2. Высшие учебные заведения Республики Казахстан.

Интернет-ресурсы

1. <http://elibrary.kaznu.kz.ru>