

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УКРАИНЫ

**ЗАПОРОЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра медицинской  
и фармацевтической  
информатики и ИТ

**ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ В ФАРМАЦИИ**

Методическое пособие  
для студентов фармацевтического факультета  
специальностей 7.110201 «Фармация», 7.110202 «Технология  
парфюмерно-косметических средств»

Запорожье 2014

УДК: 004.031  
ББК: 73.0  
С 83

Страхова О.П. Экспертные системы в фармации: Методическое пособие для студентов фармацевтического факультета - Запорожье: ЗГМУ, 2014. - 36с.

**Рецензент:**

**Б.А. Прийменко**, профессор кафедры органической химии Запорожского государственного медицинского университета, доктор фармацевтических наук

*Рекомендовано Центральной методической Радой  
Запорожского государственного медицинского  
университета (протокол №5 от 15.05.2014.)*

В пособии рассмотрены основные понятия и определения важного раздела теории искусственного интеллекта – экспертных систем. Они применимы в решении задач для слабо- или неформализуемых данных. Задачи такого типа свойственны медицине и фармации, они характеризуются невозможностью выражения условия в числовой форме; отсутствием алгоритмического решения; ошибочностью, неполнотой, неоднозначностью и противоречивостью исходных данных и знаний о решаемой задаче.

Обеспечено методическое обоснование процессов взаимодействия информации, данных и методов, представлены материалы, которые помогут студентам освоить базовую терминологию теории экспертных систем.

Пособие создано на базе материалов ИНТУИТ и предназначено для студентов и преподавателей медицинского и фармацевтического факультета

УДК: 004.031  
ББК: 73.0

# Экспертные системы в технологии как класс интеллектуальных систем

## 1 Об искусственном интеллекте

Искусственный интеллект появился на базе вычислительной техники, математической логики, программирования, психологии, лингвистики, нейрофизиологии и других отраслей знаний. **Искусственный интеллект** — это образец междисциплинарных исследований, где соединяются профессиональные интересы специалистов разного профиля [1]. Само название новой науки возникло в конце 60-х гг., а в 1969 г. в Вашингтоне (США) состоялась первая Всемирная конференция по искусственному интеллекту.

Совокупность научных исследований обретает права науки, если выполнены два необходимых условия: у этих исследований должен быть объект изучения, не совпадающий с теми, которые изучают другие науки; должны существовать специфические методы исследования этого объекта, отличные от методов других, уже сложившихся наук. Исследования, которые объединяются сейчас термином "искусственный интеллект", имеют свой специфический объект изучения и свои специфические методы.

Можно сформулировать основные цели и задачи искусственного интеллекта. **Объектом изучения искусственного интеллекта являются метапроцедуры**, используемые при решении человеком задач, традиционно называемых интеллектуальными, или творческими. Но если психология мышления изучает эти метапроцедуры применительно к человеку, то искусственный интеллект создает программные и программно-аппаратные модели таких метапроцедур.

**Цель исследований** в области искусственного интеллекта — **создание арсенала метапроцедур**, достаточного для того, чтобы технические системы могли находить по постановкам задач их решения. Сформулированная цель не исчерпывает всех задач, которые ставит перед собой искусственный интеллект. Это цель ближайшая. Последующие цели связаны с попыткой проникнуть в области мышления человека, которые лежат вне сферы рационального и выразимого словесно (вербально) мышления. В поиске решения многих задач, особенно сильно отличающихся от ранее решенных,

большую роль играет та сфера мышления, которую называют подсознательной, бессознательной или интуитивной.

**Основными методами**, используемыми в искусственном интеллекте, являются разного рода **программные модели и средства**, эксперименты на ЭВМ и теоретические модели. Однако компьютеры уже достигли своих пределов в рамках создания искусственного интеллекта. Идет интенсивный поиск новых технических структур, которые будут способны лучше решать задачи, связанные с интеллектуальными процессами. Сюда относятся исследования по нейронным сетям.

Существует несколько основных проблем, изучаемых в искусственном интеллекте.

1. Представление знаний — разработка методов и приемов для формализации и последующего ввода в память интеллектуальной системы знаний из различных проблемных областей, обобщение и классификация накопленных знаний, применение знаний при решении задач.

2. Моделирование рассуждений — изучение и формализация различных схем человеческих умозаключений, используемых в процессе решения разнообразных задач, создание эффективных программ для реализации этих схем в вычислительных машинах.

3. Диалоговые процедуры общения на естественном языке, обеспечивающие контакт между интеллектуальной системой и человеком-специалистом в процессе решения задач.

4. Планирование целесообразной деятельности — разработка методов построения программ сложной деятельности на основании тех знаний о проблемной области, которые хранятся в интеллектуальной системе.

5. Обучение интеллектуальных систем в процессе их деятельности, создание комплекса средств для накопления и обобщения умений и навыков, накапливаемых в таких системах.

Кроме этих проблем исследуются многие другие, составляющие тот задел, на который будут опираться специалисты на следующем витке развития теории искусственного интеллекта.

Первые шаги кибернетики были направлены на изучение и осмысление процессов, протекающих в сложных, прежде всего, в живых системах, включая и

мыслящие. Исследования имели ярко выраженный познавательный характер. Но уже тогда стали появляться разработки, направленные на воспроизведение в ЭВМ определенных процессов и феноменов мышления. Позднее именно это направление и оформилось в самостоятельную область, разрабатывающую проблему ИИ.

В ходе последующего развития исследований по ИИ, в 1960-1970-х годах, произошло их разделение на два самостоятельных направления. Это разделение сохраняется и до настоящего времени. Без четкого понимания различий и тенденций развития обоих направлений нельзя правильно разобраться и в современном состоянии проблемы [2].

### **Направление исследований в области искусственного интеллекта**

Разделение работ по ИИ на два направления связано с существованием двух точек зрения на вопрос о том, каким именно образом строить системы ИИ. Сторонники одной точки зрения убеждены в том, что важнее всего результат, т. е. хорошее совпадение поведения искусственно созданных и естественных интеллектуальных систем, а что касается внутренних механизмов формирования поведения, то разработчик ИИ вовсе не должен копировать или даже принимать во внимание особенности естественных, живых аналогов [1].

Другая точка зрения заключается в том, что именно изучение механизмов естественного мышления и анализ данных о способах формирования разумного поведения человека могут создать основу для построения систем ИИ, причем построение это должно осуществляться прежде всего как моделирование, воспроизведение техническими средствами принципов и конкретных особенностей функционирования биологических объектов.

Таким образом, первое направление рассматривает продукт интеллектуальной деятельности человека, изучает его структуру (выделяя различные проявления интеллектуальной деятельности — решение задач, доказательство теорем, игры) и стремится воспроизвести этот продукт средствами современной техники, т. е. ЭВМ. Если удастся написать программу так, чтобы она успешно решала конкретную задачу, то считают, что соответствующий вид интеллектуальной деятельности автоматизирован. Ясно, что успехи этого направления ИИ тесно связаны с развитием искусства программирования, т.е. с комплексом научно-технических исследований, называемым

компьютерными науками. Это направление ИИ также часто называют **машинным интеллектом** [3].

Второе направление ИИ рассматривает данные о нейрофизиологических и психологических механизмах интеллектуальной деятельности, а в более широком плане — о разумном поведении человека. Разработчики стремятся воспроизвести эти механизмы с помощью технических устройств, чтобы поведение их хорошо совпадало с поведением человека в определенных, заранее задаваемых пределах. При положительном решении этой проблемы считают, что соответствующий вид человеческой деятельности автоматизирован. Развитие этого направления, называемого **искусственным разумом**, тесно связано с успехами наук о человеке. Характерным в данном случае является стремление к воспроизведению более широкого, чем в машинном интеллекте, спектра проявлений разумной деятельности человека.

Оба основных направления ИИ связаны с моделированием: в первом случае — с моделированием феноменологическим, имитационным, а во втором — со структурным. В упрощенном виде структура основных направлений, существующих в ИИ, изображена на рис. 1



**Рис. 1.** Основные направления исследований в области искусственного интеллекта

## 2 Структура интеллектуальной системы

С развитием компьютерных технологий менялся смысл, вкладываемый в понятие информационной системы. **Современная информационная система — это набор информационных технологий, направленных на поддержку жизненного**

**цикла информации и включающего три основных процесса: обработку данных, управление информацией и управление знаниями.**

Согласно определению Д.А. Пospelова [1], "Система называется интеллектуальной, если она дает возможность реализовать следующие основные функции:

- накапливать знания об окружающем систему мире, классифицировать и оценивать их с точки зрения прагматической полезности и непротиворечивости, инициировать процессы получения новых знаний, осуществлять соотнесение новых знаний с ранее хранимыми;
- пополнять поступившие знания с помощью логического вывода, отражающего закономерности в окружающем систему мире в накопленных ею ранее знаниях, получать обобщенные знания на основе более частных знаний и логически планировать свою деятельность;
- общаться с человеком на языке, максимально приближенном к естественному человеческому языку;
- получать информацию от каналов, аналогичных тем, которые использует человек при восприятии окружающего мира;
- уметь формировать для себя или по просьбе человека (пользователя) объяснение собственной деятельности;
- оказывать пользователю помощь за счет тех знаний, которые хранятся в памяти, и тех логических средств рассуждений, которые присущи системе".

Перечисленные функции можно назвать функциями представления и обработки знаний, рассуждения и обобщения. Наряду с обязательными компонентами, в зависимости от решаемых задач и области применения в конкретной системе, эти функции могут быть реализованы в различной степени, что определяет индивидуальность архитектуры. На рис. 2 в наиболее общем виде представлена структура интеллектуальной системы в виде совокупности блоков и связей между ними [2].

**База знаний** представляет собой совокупность сред, хранящих знания различных типов. База знаний состоит из правил анализа информации от пользователя по конкретной проблеме. ЭС анализирует ситуацию и, в зависимости от направленности ЭС, дает рекомендации по разрешению проблемы.

Как правило, база знаний ЭС содержит **факты** (статические сведения о предметной области) и **правила** - набор инструкций, применяя которые к известным фактам можно получать новые факты.

**База фактов** (данных) хранит конкретные данные, а **база правил** — элементарные выражения, называемые в теории искусственного интеллекта продукциями.

**База процедур** содержит прикладные программы, с помощью которых выполняются все необходимые преобразования и вычисления.

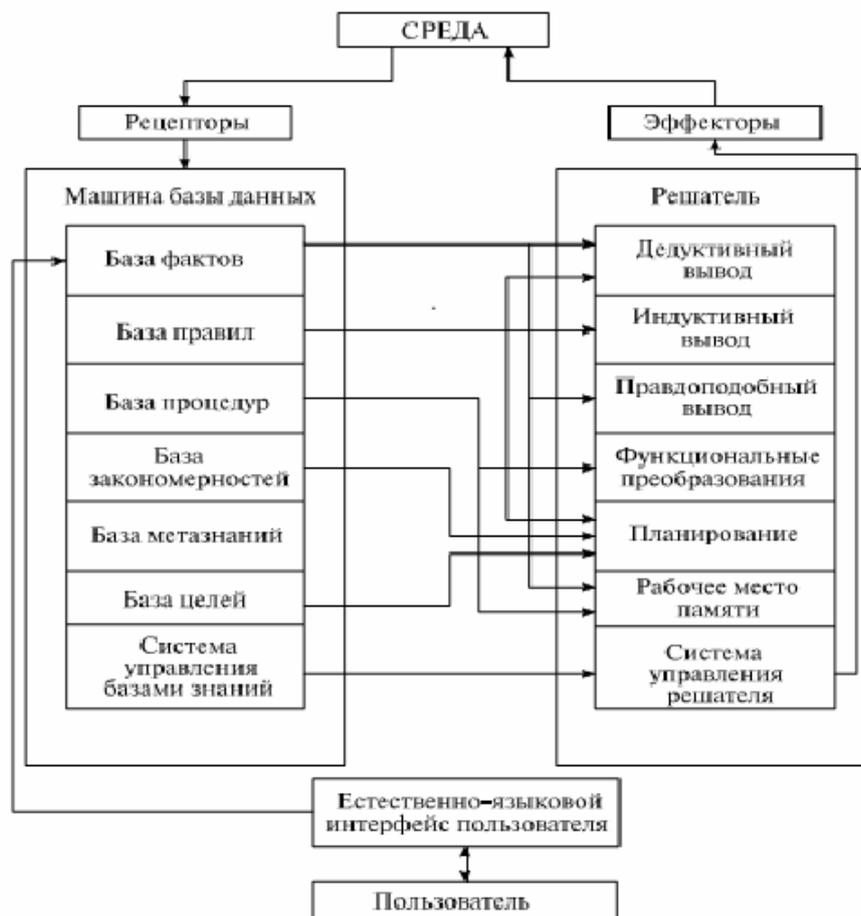
**База закономерностей** включает различные сведения, относящиеся к особенностям той среды, в которой действует система.

**База метазнаний** (база знаний о себе) содержит описание самой системы и способов ее функционирования: сведения о том, как внутри системы представляются единицы информации различного типа, как взаимодействуют различные компоненты системы, как было получено решение задачи.

**База целей** содержит целевые структуры, называемые сценариями, позволяющие организовать процессы движения от исходных фактов, правил, процедур к достижению той цели, которая поступила в систему от пользователя либо была сформулирована самой системой в процессе ее деятельности в проблемной среде.

Управление всеми базами, входящими в базу знаний, и организацию их взаимодействия осуществляет система управления базами знаний. С ее же помощью реализуются связи баз знаний с внешней средой. Таким образом, машина **базы знаний** осуществляет первую функцию интеллектуальной системы. Выполнение второй функции обеспечивает **решатель**, состоящий из ряда блоков, которые управляются системой управления решателя. Часть из блоков реализует логический вывод.

Блок **дедуктивного вывода** осуществляет в решателе дедуктивные рассуждения, с помощью которых из закономерностей из базы знаний, фактов из базы фактов и правил из базы правил выводятся новые факты. Кроме этого, данный блок реализует эвристические процедуры поиска решений задач как поиск путей решения задачи по сценариям при заданной конечной цели. Для реализации рассуждений, которые не носят дедуктивного характера, т. е. для поиска по аналогии, по прецеденту и т. д., используются блоки индуктивного и правдоподобного выводов. Блок **планирования** применяется в задачах планирования решений совместно с блоком дедуктивного вывода. Назначение блока **функциональных преобразований** состоит в решении задач расчетно-логического и алгоритмического типов.



**Рис. 2.** Общая структура интеллектуальной системы

Функция общения реализуется как с помощью компоненты естественно-языкового интерфейса, так и с помощью рецепторов и эффекторов, которые осуществляют так называемое невербальное общение и используются в интеллектуальных роботах.

### Разновидности интеллектуальных систем

В зависимости от набора компонентов, реализующих рассмотренные функции, можно выделить следующие основные разновидности интеллектуальных систем:

- интеллектуальные информационно-поисковые системы;
- экспертные системы (ЭС);
- расчетно-логические системы;
- гибридные экспертные системы.

*Интеллектуальные информационно-поисковые системы* являются системами взаимодействия с проблемно-ориентированными (фактографическими) базами данных на естественном, ограниченном как грамматически, так и лексически профессиональной лексикой языке. Для них характерно использование, помимо базы знаний, реализующей семантическую модель представления знаний о проблемной области, лингвистического процессора.

*Экспертные системы* являются одним из классов интеллектуальных систем. Данные системы в первую очередь стали создаваться в математически слабоформализованных областях науки и техники, таких как медицина, геология, биология и другие. Для них характерна аккумуляция в системе знаний и правил рассуждений опытных специалистов в данной предметной области, а также наличие специальной системы объяснений.

*Расчетно-логические системы* позволяют решать управленческие и проектные задачи по их постановкам (описаниям) и исходным данным вне зависимости от сложности математических моделей этих задач. При этом конечному пользователю предоставляется возможность контролировать в режиме диалога все стадии вычислительного процесса. По описанию проблемы на языке предметной области обеспечивается автоматическое построение математической модели и автоматический синтез рабочих программ при формулировке функциональных задач из данной предметной области. Эти свойства реализуются благодаря наличию базы знаний в виде функциональной семантической сети и компонентов дедуктивного вывода и планирования.

В специальный класс выделяются *гибридные экспертные системы*. Они объединяют в себе лучшие черты как экспертных, так и расчетно-логических и информационно-поисковых систем.

Важное место в теории искусственного интеллекта занимает проблема представления знаний. В настоящее время выделяют следующие основные типы моделей представления знаний:

- семантические сети, в том числе функциональные;
- фреймы и сети фреймов;
- продукционные модели.

*Семантические сети* определяют как граф общего вида, в котором можно выделить множество вершин и ребер. Каждая вершина графа представляет некоторое понятие, а дуга — отношение между парой понятий. Метка и направление дуги конкретизируют семантику. Метки вершин семантической нагрузки не несут, а используются как справочная информация.

Различные разновидности семантических сетей обладают различной семантической мощностью, следовательно, можно описать одну и ту же предметную область более компактно или громоздко.

*Фреймом* называют структуру данных для представления и описания стереотипных объектов, событий или ситуаций. Фреймовая модель представления знаний состоит из двух частей:

- набора фреймов, составляющих библиотеку внутри представляемых знаний;
- механизмов их преобразования, связывания и т. д.

Существует два типа фреймов:

- образец (прототип) — интенциональное описание некоторого множества экземпляров;
- экземпляр (пример) — экстенциональное представление фрейм-образца.

В общем виде фрейм может быть представлен следующим кортежем:

<ИФ, (ИС, ЗС, ПП),..., (ИС, ЗС, ПП)>,

где ИФ — имя фрейма; ИС — имя слота; ЗС — значение слота; ПП — имя присоединенной процедуры (необязательный параметр).

**Примечание:** в базах данных **кортежем** называется группа взаимосвязанных элементов данных; в реляционных базах данных **кортеж** — это элемент отношения, строка таблицы; упорядоченный набор из  $N$  элементов.

**Слоты** — это некоторые незаполненные подструктуры фрейма, заполнение которых приводит к тому, что данный фрейм ставится в соответствие некоторой ситуации, явлению или объекту.

В качестве данных фрейм может содержать обращения к процедурам (так называемые присоединенные процедуры).

**Продукционные модели** — это набор правил вида "условия-действие", где условиями являются утверждения о содержимом базы данных, а действия представляют собой процедуры, которые могут изменять содержимое базы данных.

Формально продукция определяется следующим образом:

(i); Q;P;C; QA B; N,

где (i) — имя продукции (правила); Q — сфера применения правила; P — предусловие (например, приоритетность); C — предикат (отношение);  $A \rightarrow B$  — ядро; N — постусловия (изменения, вносимые в систему правил).

Практически продукции строятся по схеме "ЕСЛИ" (причина или, иначе, посылка), "ТО" (следствие или, иначе, цель правила).

Полученные в результате срабатывания продукции новые знания могут использоваться в следующих целях:

- понимание и интерпретация фактов и правил с применением продукции, фреймов, семантических цепей;
- решение задач с помощью моделирования;
- идентификация источника данных, причин несовпадений новых знаний со старыми, получение метазнаний;
- составление вопросов к системе;
- усвоение новых знаний, устранение противоречий, систематизация избыточных данных.

Процесс рассмотрения компьютером набора правил (выполнение программы) называют **консультацией**. Ее наиболее удобная для пользователя форма — диалог с компьютером. Интерфейс может быть в форме меню, на языке команд и на естественном языке. Диалог может быть построен на системе вопросов, задаваемых пользователем, компьютером, или фактов — данных, хранящихся в базе данных. Возможен смешанный вариант, когда в базе данных недостаточно фактов.

### **3. Экспертные системы в технологии как класс интеллектуальных систем**

#### **Эвристика**

Когда человек профессионально выполняет какую-либо работу, он использует ряд приемов, облегчающих получение качественного результата. Говорят, что специалист овладел навыками своей профессии. **Навык** — это способность что-то хорошо делать, не контролируя этот процесс с помощью сознания. Но кроме навыков специалист овладевает и другими приемами работы. Эти знания он может сообщить другому человеку, научить его делать ту работу, которую он умеет делать сам. Именно такие приемы решения тех или иных задач, опирающиеся на человеческие знания, и называют **эвристиками**. Между навыками и эвристиками нет строгой границы. Можно сказать, что навык — это еще не сформулированная на уровне словесного описания эвристика.

Эвристика не есть точный метод, как, например, методы решения задач, предлагаемые математикой. Поэтому эвристики не всегда приводят к получению нужного результата. В них может содержаться какая-то доля неверной информации. Но именно эвристики содержат тот богатейший опыт человеческого умения, который специалисты в области искусственного интеллекта хотели бы передать роботам и другим интеллектуальным системам. Для того чтобы суметь это сделать, надо научиться извлекать навыки и эвристики из анализа процессов решения задач специалистами и формализовать их для представления в интеллектуальных системах. Потом эти знания, правила и приемы используются для решения задач в экспертных системах.. Методы решения задач, опирающиеся на эвристики, называют **эвристическими методами**.

Эвристические методы используются и тогда, когда точные методы не могут быть использованы из-за необходимости проведения громадных по объему вычислений. Используя эвристические методы, надо помнить, что они не всегда приводят к

результату и часто дают не точный, а приблизительный ответ на поставленный вопрос. Поэтому там, где это возможно, надо прибегать к точным методам решения. Эвристические методы широко применяются в системах искусственного интеллекта, при управлении сложными системами, в игровых программах и т. п.

### **Экспертная система**

**Экспертная система (ЭС, expert system)** — компьютерная программа, способная частично заменить специалиста-эксперта в разрешении проблемной ситуации. ЭС начали разрабатываться исследователями искусственного интеллекта в 1970-х годах, а в 1980-х получили коммерческое подкрепление.

В информатике экспертные системы рассматриваются совместно с базами знаний как модели поведения экспертов в определенной области знаний с использованием процедур логического вывода и принятия решений, а базы знаний — как совокупность фактов и правил логического вывода в выбранной предметной области деятельности.

Экспертная система — наиболее известный и распространенный вид интеллектуальных систем. Можно указать ряд особенностей, которые присущи только экспертным системам.

Первая особенность экспертных систем состоит в том, что они предназначены для пользователей, сфера деятельности которых далека от искусственного интеллекта, программирования, математики, логики. Для таких пользователей экспертная система выступает как некая система, помогающая им в повседневной работе.

Само название этих систем указывает на то, что они должны хранить в себе знания профессионалов-экспертов в некоторой предметной области и передавать их тем, у кого таких знаний нет. Для этого в экспертной системе предусмотрены средства общения между системой и специалистами и средства доведения хранимых в системе знаний до специалиста вместе с необходимыми пояснениями и разъяснениями.

Рассмотрим типовую структуру экспертной системы, показанную на рис. 3. В этой структуре четыре основных блока. Экспертная система является типичной человеко-машинной системой, поэтому в ее состав включен блок, названный "интеллектуальный интерфейс". Его задача — обеспечить диалог с пользователем на

привычном ему языке. В состав интеллектуального интерфейса могут входить средства визуализации, с помощью которых на экране дисплея формируются необходимые образы, используемые в процессе общения пользователя с системой (чертежи, схемы, рисунки и т. п.).



**Рис. 3.** Общая схема экспертной системы

Общение с пользователем происходит в режиме "вопрос-ответ", вопросы могут задавать как пользователь, так и система. Поддерживать диалог с пользователем экспертной системе помогает схема управления диалогом. Она хранится в логическом блоке, и именно он осуществляет все необходимые манипуляции с репликами пользователя, информацией из базы знаний и выдаваемыми ответными репликами.

Специфическим именно для экспертных систем является наличие блока объяснений. После консультации с экспертной системой решение, полученное пользователем, может показаться ему либо неприемлемым, либо не лучшим. Происходит это потому, что часть рассуждений экспертная система делает самостоятельно, используя свой сценарий и те знания, которыми она располагает. Пользователю кажется, что в логике получения решения имеются "провалы", "перескоки", не обоснованные шагами диалога.

Во всех подобных случаях пользователь может обратиться к блоку объяснений. Последний на вопрос "Как получилось именно это решение?" дает все необходимые объяснения, используя информацию, которая в процессе выработки решения накапливается в логическом блоке. Как правило, сценарий предусматривает несколько путей; среди них возможны тупиковые пути, не ведущие к нужной цели. Оказавшись на дороге в тупик, система может автоматически вернуться к той "развилке", где она

сделала неверный выбор. Неудачные попытки в памяти логического блока не сохраняются, и в результате к концу поиска решения в нем запоминается лишь результативный путь — трек, ведущий от начальной ситуации к решению. Этот трек используется блоком объяснения для ответа на запрос пользователя.

В системах оперативного управления знания, хранящиеся в базе знаний, могут быть и меньшими, чем у специалиста, работающего в паре с системой. Но зато быстрота и точность реакции системы значительно выше, чем у человека.

Есть еще один класс систем, не имеющих собственного названия и поэтому часто называемых экспертными. В отличие от классических экспертных систем, они рассчитаны не на пользователя, являющегося новичком или средним специалистом в некоторой области деятельности, а на самих экспертов-профессионалов. Для таких специалистов нужна не консультирующая или советующая система, а система, способная помочь им в научной работе. Системы такого рода называют системами автоматизации научных исследований. Примером могут быть системы, способные на основании частных знаний эксперта обнаружить в эмпирическом материале скрытые связи и закономерности.

Исходя из вышеизложенного, сформулируем одно из наиболее устойчиво используемых в специальной литературе определений экспертной системы.

***Экспертной системой* называют вычислительную систему использования знаний эксперта и процедур логического вывода для решения проблем, которые требуют проведения экспертизы и позволяют дать объяснение полученным результатам.**

ЭС обладает способностями к накоплению знаний, выдаче рекомендаций и объяснению полученных результатов, возможностями модификации правил, подсказки пропущенных экспертом условий, управления целью или данными. ЭС отличаются следующие характеристики:

- интеллектуальность;
- простота общения с компьютером;
- возможность наращивания модулей;
- интеграция неоднородных данных;

- способность разрешения многокритериальных задач при учете предпочтений лиц, принимающих решения (ЛПР);

- работа в реальном времени;
- документальность;
- конфиденциальность;
- унифицированная форма знаний;
- независимость механизма логического вывода;
- способность объяснения результатов.

Можно выделить следующие основные сферы применения ЭС: диагностика, планирование, имитационное моделирование, предпроектное обследование предприятий, офисная деятельность, а также некоторые другие.

По сравнению со статическими ЭС гораздо больший эффект дают ЭС, используемые в динамических процессах (экспертные системы реального времени). Они применяются в управлении непрерывными процессами (химические производства, фармацевтическая промышленность, атомная энергетика и т. д.).

В задачу этого направления входят исследование и разработка программ (устройств), использующих знания и процедуры вывода для решения задач, являющихся трудными для людей-экспертов. ЭС могут быть отнесены к системам ИИ общего назначения — системам, которые не только исполняют заданные процедуры, но на основе метапроцедур поиска генерируют и применяют процедуры решения новых конкретных задач.

### **Особенности экспертных систем**

Выделяют следующие характеристики ЭС [2]:

- назначение,
- проблемная область,
- глубина анализа проблемной области,
- тип используемых методов и знаний, класс системы,
- стадия существования,
- инструментальные средства.

**Назначение** определяется следующей совокупностью параметров: цель создания экспертной системы — для обучения специалистов, для решения задач, для автоматизации рутинных работ, для тиражирования знаний экспертов и т. п.; основной пользователь — не специалист в области экспертизы, специалист, учащийся.

**Проблемная область** может быть определена совокупностью параметров предметной области и задач, решаемых в ней. Каждый из параметров можно рассматривать с точки зрения как конечного пользователя, так и разработчика экспертной системы.

С точки зрения пользователя проблемную область можно характеризовать ее описанием в терминах пользователя, включающим наименование области, перечень и взаимоотношения подобластей и т.п., а задачи, решаемые существующими экспертными системами, — их типом. Обычно выделяют следующие **типы задач**:

- интерпретация символов или сигналов — составление смыслового описания по входным данным;
- диагностика — определение неисправностей (заболеваний) по симптомам;
- предсказание — определение последствий наблюдаемых ситуаций;
- конструирование — разработка объекта с заданными свойствами при соблюдении установленных ограничений;
- планирование — определение последовательности действий, приводящих к желаемому состоянию объекта;
- слежение — наблюдение за изменяющимся состоянием объекта и сравнение его показателей с установленными или желаемыми;
- управление — воздействие на объект для достижения желаемого поведения.

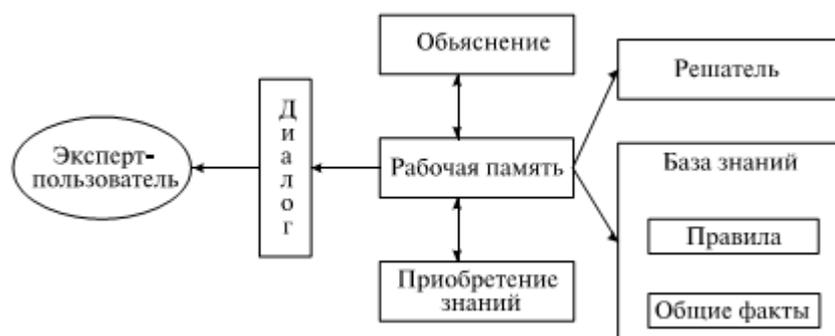
### **Структура и режимы использования ЭС**

Типичная ЭС состоит из следующих основных компонентов: решателя (интерпретатора), рабочей памяти (РП), называемой также базой данных (БД), базы знаний (БЗ), компонентов приобретения знаний, объяснительного и диалогового компонентов

**База данных** предназначена для хранения исходных и промежуточных данных решаемой в текущий момент задачи. Этот термин совпадает по названию, но не по смыслу с термином, применяемым в информационно-поисковых системах (ИПС) и

системах управления базами данных (СУБД) для обозначения всех данных (и в первую очередь не текущих, а долгосрочных), хранимых в системе.

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



**Рис. 4.** Типовая структура экспертной системы

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

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

**Диалоговый компонент** ориентирован на организацию общения со всеми категориями пользователей как в ходе решения задач, так и приобретения знаний, объяснения результатов работы.

В разработке ЭС участвуют представители следующих специальностей:

- эксперт в той проблемной области, задачи которой будет решать ЭС;
- инженер по знаниям — специалист по разработке ЭС;
- программист — специалист по разработке инструментальных средств.

Отсутствие среди участников разработки инженера по знаниям (т.е. его замена программистом) либо приводит к неудаче процесс создания ЭС, либо значительно

удлиняет его. Эксперт определяет знания, данные и правила, характеризующие проблемную область, обеспечивает полноту и правильность введения в ЭС знаний.

При создании экспертных систем наиболее трудоемким этапом является заполнение базы знаний сведениями, нужными для функционирования будущей системы. Эту работу выполняет особый специалист — инженер по знаниям.

Инженер по знаниям помогает эксперту выявить и структурировать знания, необходимые для работы ЭС. Он осуществляет выбор того ИС, которое наиболее подходит для данной проблемной области, и определяет способ того представления знаний в этом ИС, выделяет и программирует традиционными средствами те стандартные функции, типичные для данной проблемной области, которые будут использоваться в правилах, вводимых экспертом.

Программист разрабатывает ИС, содержащее в пределе все основные компоненты ЭС, осуществляет сопряжение ИС с той средой, в которой оно будет использовано.

Экспертная система работает в двух режимах:

- приобретения знаний
- решения задач, называемом также режимом консультации или режимом использования ЭС.

В режиме приобретения знаний общение с ЭС осуществляется через посредничество инженера по знаниям. Эксперт описывает проблемную область в виде совокупности данных и правил. Данные определяют объекты, их характеристики и значения, существующие в области экспертизы. Правила определяют способы манипулирования данными, характерные для рассматриваемой проблемной области. Эксперт, используя компонент приобретения знаний, наполняет систему знаниями, которые позволяют ЭС в режиме решения самостоятельно (без эксперта) решать задачи из проблемной области.

Важную роль в режиме приобретения знаний играет объяснительный компонент. Благодаря ему эксперт на этапе тестирования локализует причины неудачной работы ЭС, что позволяет эксперту целенаправленно модифицировать старые или вводить новые знания. Обычно объяснительный компонент сообщает следующее: как

правильно используют информацию пользователя; почему использовались или не использовались данные или правила; какие были сделаны выводы и т. д. Все объяснения делаются, как правило, на ограниченном естественном языке или языке графики.

Режиму приобретения знаний при традиционном подходе к разработке программ соответствуют этапы алгоритмизации, программирования и отладки, выполняемые программистом. **В отличие от традиционного подхода, разработку программ осуществляет эксперт, не владеющий программированием, а не программист.**

В режиме консультации данные о задаче пользователя обрабатываются *диалоговым компонентом*, который выполняет следующие действия:

- распределяет роли участников (пользователя и ЭС) и организует их взаимодействие в процессе кооперативного решения задачи;
- преобразует данные пользователя о задаче, представленные на привычном для пользователя языке, на внутренний язык системы;
- преобразует сообщения системы, представленные на внутреннем языке, в сообщения на языке, привычном для пользователя (обычно это ограниченный естественный язык или язык графики).

После обработки данные поступают в РП. На основе входных данных в РП, общих данных о проблемной области и правил из БЗ решатель (интерпретатор) формирует решение задачи.

В отличие от традиционных программ ЭС в режиме решения задачи не только исполняет предписанную последовательность операций, но и предварительно формирует ее. Если ответ ЭС непонятен пользователю, то он может потребовать объяснения того, как ответ получен.

### **Организация знаний в ЭС**

В области ИИ термин «**знания**» означает информацию, которая необходима программе, чтобы она вела себя "интеллектуально". Эта информация принимает форму фактов или правил.

Факты и правила в экспертной системе не всегда либо истинны, либо ложны; иногда существует некоторая степень неуверенности в достоверности факта или точности правила. Если это сомнение выражено явно, то оно называется "*коэффициентом уверенности*".

Многие правила экспертной системы являются эвристиками, т. е. эмпирическими правилами или упрощениями, которые эффективно ограничивают поиск решения. Экспертная система использует эвристики, потому что задачи, которые она решает, будь то поиск новых месторождений или совместимость лекарственных препаратов, как правило, трудны и не до конца понятны. Эти задачи не поддаются строгому математическому анализу или алгоритмическому решению. Алгоритмический метод гарантирует корректное или оптимальное решение задачи, тогда как эвристический метод дает приемлемое решение в большинстве случаев.



База знаний ЭС содержит факты (данные) и правила (или другие представления знаний), использующие эти факты как основу для принятия решений. Механизм вывода содержит интерпретатор, определяющий, каким образом применять правила для вывода новых знаний, и диспетчер, устанавливающий порядок применения этих правил. Выделение знаний о предметной области облегчает инженеру по знаниям разработку процедур для манипулирования ими. Имеет первостепенное значение, каким образом система использует свои знания, поскольку

**Рис. 5.** Состав экспертной системы

ЭС должна иметь базу знаний, содержащую высококачественные знания о предметной области, а ее механизм вывода должен содержать знания о том, как эффективно использовать знания о предметной области.

Правила обеспечивают естественный способ описания процессов, управляемых сложной и быстро изменяющейся внешней средой. Через правила можно определять, как программа должна реагировать на изменение данных; при этом не нужно заранее знать блок-схему управления обработкой данных. Применение правил упрощает объяснение

того, что и как сделала программа, т. е. каким способом она пришла к конкретному заключению.

Представление знаний, основанное на фреймах, использует сеть узлов, связанных отношениями и организованных иерархически. Каждый узел представляет собой концепцию, которая может быть описана атрибутами и значениями, связанными с этим узлом. Узлы, которые занимают более низкое положение в иерархии, автоматически наследуют свойства узлов, занимающих более высокое положение. Эти методы обеспечивают естественный и эффективный путь классификации и построения таксономии, например, различных заболеваний.

Наиболее важные термины собраны в таблице.

Таблица 1. Термины экспертных систем.

	<b>Термин</b>	<b>Значение</b>
знаний	Алгоритм	Формальная процедура, которая гарантирует получение оптимального или корректного решения
	База	Часть системы, основанной на знаниях, или экспертной системы, содержащей предметные знания
	Диспетчер	Часть механизма вывода, которая решает, когда и в каком порядке применять различные "куски" предметных знаний
тор	Интерпрета	Часть механизма вывода, которая решает, каким образом применять предметные знания
	Коэффициент уверенности	Число, обозначающее вероятность или степень уверенности, с которой можно считать данный факт или правило достоверным или справедливым
	Механизм вывода	Та часть ЭС, в которой содержатся общие знания о схеме управления решением задач
	Правило	Предметные знания, знания о предметной области
	Представле	Процесс структурирования предметных знаний с целью

ние	облегчить поиск решения задачи
знаний	
Семантическая сеть	Метод представления знаний посредством сети узлов, соответствующих концепциям или объектам — последние связаны дугами, которые описывают отношения между узлами
Система, основанная на знаниях	Программа, в которой предметные знания представлены в явном виде и отделены от прочих знаний программы
Фрейм	Метод представления знаний, когда свойства связываются с вершинами, представляющими концепции или объекты. Свойства описываются в терминах атрибутов (называемых слотами) и их значений
Эвристики	Правило, упрощающее или ограничивающее поиск решений в предметной области, которая является сложной или недостаточно изученной

### Отличие ЭС от традиционных программ

Главное различие состоит в том, что ЭС манипулируют знаниями, тогда как обычные программы манипулируют данными.

Обработка данных	Инженерия знаний
Представление и использование данных	Представление и использование знаний
Алгоритмы	Эвристики
Повторный прогон	Процесс логического вывода
Эффективная обработка больших баз данных	Эффективная обработка баз знаний

### Компетентность ЭС

Экспертная система должна демонстрировать компетентность, т. е. достигать в конкретной предметной области того же уровня профессионализма, что и эксперты-люди. Но просто уметь находить хорошие решения еще недостаточно. ЭС должна

применять знания для получения решений эффективно и быстро, используя приемы, какие применяют эксперты-люди, чтобы избежать громоздких или ненужных вычислений.

Для того чтобы по-настоящему подражать поведению эксперта-человека, ЭС должна обладать **робастностью**. (**Робастность** - устойчивость к каким-либо нарушениям исходных предпосылок; означает возможность работы с зашумленными данными и пропущенными значениями в данных.)

Это подразумевает не только глубокое, но и достаточно широкое понимание предмета. А этого можно достичь, используя общие знания и методы нахождения решений проблем, чтобы уметь рассуждать, исходя из фундаментальных принципов в случае некорректных данных или неполных наборов правил.



**Рис. 6.** Особенности ЭС, отличающие ее от обычных программ

### Глубина ЭС

Экспертная система должна иметь глубокие знания; это значит, что она способна работать эффективно в узкой предметной области, содержащей нетривиальные

задачи. Экспертные системы работают с предметными областями реального мира, а не с тем, что специалисты в области ИИ называют игрушечными предметными областями. В предметной области реального мира применяют фактическую информацию к практической проблеме и находят решения, которые являются ценными с точки зрения критерия, определяющего соотношение стоимости и эффективности. В тех случаях, когда по отношению к сложной задаче или данным о ней сделаны существенные упрощения, полученное решение может оказаться неприменимым в масштабах, которые характерны для реальной проблемы. Если проблема свёрхупрощена или нереалистична, то размерность пространства поиска будет, скорее всего, резко уменьшена, и не возникнет проблем с быстродействием и эффективностью, характерных для реальных задач.

### **Самосознание ЭС**

Экспертные системы имеют знания, позволяющие им рассуждать об их собственных действиях, и структуру, упрощающую такие рассуждения. Если ЭС основана на правилах, то ей легко просмотреть цепочки выводов, которые она порождает, чтобы прийти к решению задачи. Если заданы еще и специальные правила, из которых ясно, что можно сделать с этими цепочками выводов, то можно использовать эти знания для проверки точности, устойчивости и правдоподобия решений задачи и построить доводы, оправдывающие или объясняющие процесс рассуждения. Это знание системы о том, как она рассуждает, называется *метазнанием*, что означает знания о знаниях.

У большинства ныне существующих ЭС есть *механизм объяснения*. Это знания, необходимые для объяснения того, каким образом система пришла к данным решениям. Большинство этих объяснений включают демонстрацию цепочек выводов и доводов, объясняющих, на каком основании было применено каждое правило в цепочке. Возможность проверять собственные процессы рассуждения и объяснять свои действия — это одно из самых важных свойств ЭС.

### **Ошибки экспертных систем**

Существует еще одно отличие ЭС от традиционных программ. Традиционные программы разрабатываются таким образом, чтобы каждый раз порождать правильный

результат, но ЭС заведомо создаются так, чтобы вести себя как эксперты, которые, как правило, дают правильные ответы, но иногда способны ошибаться.

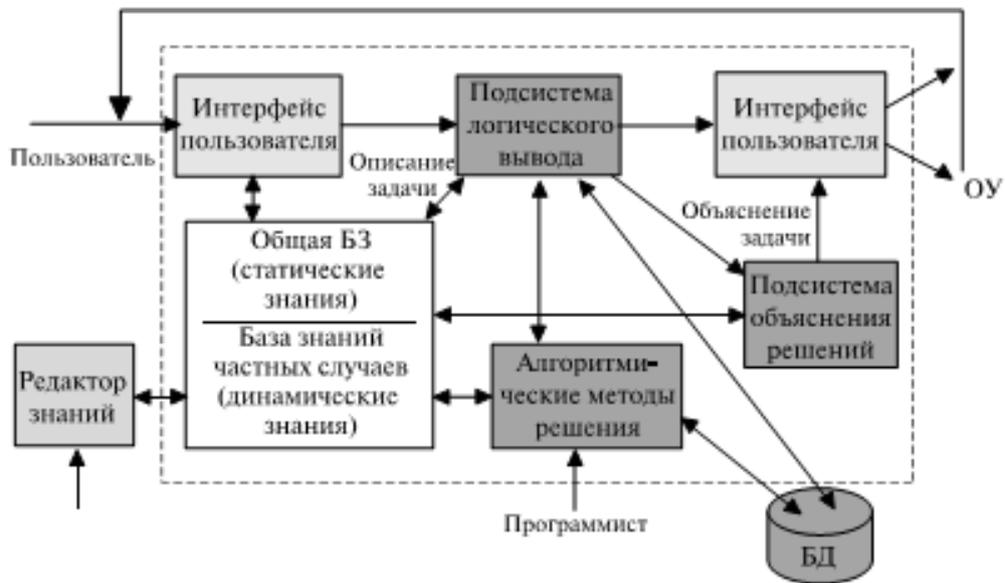
На первый взгляд кажется, что в этом отношении традиционные программы имеют явное преимущество. Однако это преимущество мнимое. Традиционные программы для решения сложных задач, напоминающих те, которые подходят для ЭС, тоже могут делать ошибки. Но их ошибки чрезвычайно трудно исправлять, поскольку стратегии, эвристики и принципы, лежащие в основе этих программ, не сформулированы явно в их тексте.

### **Этапы разработки ЭС**

- Этап идентификации проблем — определяются задачи, которые подлежат решению, выявляются цели разработки, определяются эксперты и типы пользователей.
- Этап извлечения знаний — проводится содержательный анализ проблемной области, выявляются используемые понятия и их взаимосвязи, определяются методы решения задач.
- Этап структурирования знаний — выбираются ИС и определяются способы представления всех видов знаний, формализуются основные понятия, определяются способы интерпретации знаний, моделируется работа системы, оценивается адекватность целям системы зафиксированных понятий, методов решений, средств представления и манипулирования знаниями.
- Этап формализации — осуществляется наполнение экспертом базы знаний. В связи с тем, что основой ЭС являются знания, данный этап является наиболее важным и наиболее трудоемким этапом разработки ЭС. Процесс приобретения знаний разделяют на извлечение знаний из эксперта, организацию знаний, обеспечивающую эффективную работу системы, и представление знаний в виде, понятном ЭС. Процесс приобретения знаний осуществляется инженером по знаниям на основе анализа деятельности эксперта по решению реальных задач.
- Реализация ЭС — создается один или нескольких прототипов ЭС, решающие требуемые задачи.
- Этап тестирования — производится оценка выбранного способа представления знаний в ЭС в целом.

### **4. Классификация экспертных систем**

Только одновременная работа со знаниями и большими объемами информации из БД позволяет ЭС получить неординарные результаты, например, поставить сложный диагноз (медицинский или технический), открыть месторождение полезных ископаемых, управлять ядерным реактором в реальном времени.



**Рис. 7.** Структура экспертной системы

Важную роль при создании ЭС играют инструментальные средства. Среди инструментальных средств для создания ЭС наиболее популярны такие языки программирования, как LISP и PROLOG, а также экспертные системы-оболочки (ЭСО): KEE, CENTAUR, G2 и GDA, CLIPS, AT\_ТЕХНОЛОГИЯ, предоставляющие в распоряжение разработчика — инженера по знаниям широкий набор для комбинирования систем представления знаний, языков программирования, объектов и процедур [4, 5].

Рассмотрим различные способы классификации ЭС.

**По назначению** ЭС делятся на:

- ЭС общего назначения;
- специализированные ЭС.

В свою очередь, **специализированные ЭС** делятся на:

- проблемно-ориентированные для задач диагностики, проектирования, прогнозирования;
- предметно-ориентированные для специфических задач, например, контроля ситуаций на атомных электростанциях.

**По степени зависимости от внешней среды** выделяют:

- статические ЭС, не зависящие от внешней среды;
- динамические, учитывающие динамику внешней среды и предназначенные для решения задач в реальном времени. Время реакции в таких системах может задаваться в миллисекундах, и эти системы реализуются, как правило, на языке C++.

**По типу использования** различают:

- изолированные ЭС;
- ЭС на входе/выходе других систем;
- гибридные ЭС или, ЭС, интегрированные с базами данных и другими программными продуктами (приложениями).

**По сложности решаемых задач** различают:

- простые ЭС — до 1000 простых правил;
- средние ЭС — от 1000 до 10000 структурированных правил;
- сложные ЭС — более 10000 структурированных правил.

**По стадии создания** выделяют:

- исследовательский образец ЭС, разработанный за 1-2 месяца с минимальной БЗ;
- демонстрационный образец ЭС, разработанный за 2-4 месяца, например, на языке типа LISP, PROLOG, CLIPS;
- промышленный образец ЭС, разработанный за 4-8 месяцев, например на языке типа CLIPS с полной БЗ;
- коммерческий образец ЭС, разработанный за 1,5-2 года, например на языке типа C++, Java с полной БЗ.

**Трудности при разработке экспертных систем**

1. Проблема извлечения знаний экспертов. Ни один специалист никогда просто так не раскроет секреты своего профессионального мастерства. Избежать этого поможет выбор высококвалифицированного эксперта, заинтересованного в сотрудничестве.

2. Проблема формализации знаний экспертов. Эксперты-специалисты в определенной области, как правило, не в состоянии формализовать свои знания. Часто они принимают правильные решения на интуитивном уровне и не могут аргументированно объяснить, почему принято то или иное решение. В таких ситуациях поможет выбор эксперта, умеющего ясно формулировать свои мысли и легко объяснять другим свои идеи.

3. Правила, формализованные экспертом, не дают необходимой точности. Этого можно избежать, если решать вместе с экспертом реальные задачи. Не надо придумывать "игрушечных" ситуаций или задач. В условиях задач нужно использовать реальные данные, такие как лабораторные данные, отчеты, дневники и другую информацию, взятую из практических задач. Надо говорить с экспертом на одном языке, применяя единую терминологию. Эксперт, как правило, легче понимает правила, записанные на языке, близком к естественному, а не на языке типа LISP или PROLOG.

4. Недостаток ресурсов. В качестве ресурсов выступают персонал (инженеры знаний, разработчики инструментальных средств, эксперты) и средства построения ЭС (средства разработки и средства поддержки). Удвоение персонала не сокращает время разработки наполовину, потому что процесс создания ЭС — это процесс со множеством обратных связей. Все это необходимо учитывать при планировании создания ЭС.

5. Неадекватность инструментальных средств решаемой задаче. Часто определенные типы знаний (например, временные или пространственные) не могут быть легко представлены на одном языке ПЗ, так же как и разные схемы представления (например, фреймы и продукции) не могут быть достаточно эффективно реализованы на одном языке ПЗ. Некоторые задачи могут быть непригодными для решения по технологии ЭС.

## **5. Экономическая эффективность экспертных систем.**

Различают эффективность создания ЭС и эффективность ее функционирования. Тип производства ЭС, как правило, единичный. *Эффективность создания ЭС* рассматривают как создание новой техники, однако с учетом специфики ЭС. ЭС относится к тому типу современных организационно-технических систем, для которых характерно быстрое развитие методов и средств. Поэтому стратегия затрат должна

учитывать, с одной стороны, революционный характер создания ЭС, а с другой — эволюционный характер ее развития, предполагающий периодическое вложение средств в актуализацию систем и повышение ее изменяющейся во времени эффективности. При этом используют следующие критерии выбора средств системы:

- максимум производительности при ограниченных затратах;
- минимум затрат (З) при ограниченной производительности (П);
- максимум отношения П/З;
- максимум разности экономии (Э) и затрат (З) и др.

При оценке эффективности создания функционирования ЭС применяются подходы, описанные выше. Вместе с тем функционирование ЭС дает специфический косвенный экономический эффект

$$\Delta \text{Э} = \Delta \text{Э}_\text{п} + \Delta \text{Э}_\text{к},$$

где  $\Delta \text{Э}_\text{п}$  — прямой экономический эффект;  $\Delta \text{Э}_\text{к}$  — косвенный экономический эффект.

Введем следующие понятия [6]:

- $\Delta \text{Э}_\text{д} = \sum_{i=1}^n (C_1 M_1 - C_2 M_2)$  — прямой экономический эффект от снижения трудоемкости процесса проектирования;
- $C_1, C_2$  — стоимость обработки единицы информации до и после внедрения разработанной ЭС;
- $M_1, M_2$  — объем годовой информации технологической задачи до и после внедрения разработанной ЭС;
- $n$  — число взаимосвязанных задач;
- $\Delta \text{Э}_\text{к} = \Delta \text{Э}_\text{р} + \Delta \text{Э}_\text{пи} + \Delta \text{Э}_\text{ф}$  — косвенный экономический эффект, где  $\Delta \text{Э}_\text{р}$  — экономия материальных ресурсов;
- $\Delta \text{Э}_\text{пи}$  — экономия путем повышения производительности при изготовлении изделий (в случае применения экспертных систем в условиях фармацевтического производства);

- $\Delta \mathcal{E}_\Phi$  — экономия в результате высвобождения элементов производительного фонда.

Коэффициент сравнительной эффективности определяют по формуле

$$E_n = \frac{\Delta \mathcal{E}}{K_0}, \text{ где } K_0 \text{ — единовременные затраты.}$$

Срок окупаемости капитальных затрат (в годах)

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_0}{\Delta \mathcal{E}_\Gamma}, \text{ где } \Delta \mathcal{E}_\Gamma \text{ — годовая экономия текущих затрат.}$$

Внедрение информационных технологий сопряжено с капитальными вложениями как на приобретение техники, так и на разработку проектов, выполнение подготовительных работ и подготовку кадров. Поэтому **внедрению должно предшествовать экономическое обоснование целесообразности внедрения информационных систем.** Это означает, что должна быть исчислена эффективность применения автоматизированных информационных технологий.

Под *эффективностью автоматизированного преобразования* информации понимают целесообразность применения средств вычислительной и организационной техники при формировании, передаче и обработке данных. Различают расчетную и фактическую эффективность. Первичную (расчетную) определяют на стадии проектирования автоматизации информационных работ, т. е. разработки технорабочего проекта; вторую (фактическую) — по результатам внедрения технорабочего проекта.

*Обобщенным критерием экономической эффективности* является минимум затрат живого и овеществленного труда.

При этом установлено, что чем больше участков управленческих работ автоматизировано, тем эффективнее используется техническое и программное обеспечение.

Экономический эффект от внедрения вычислительной и организационной техники подразделяют на прямой и косвенный.

Под *прямой экономической эффективностью* понимают экономию материально-трудовых ресурсов и денежных средств, полученную в результате

сокращения численности управленческого персонала, фонда заработной платы, расхода основных и вспомогательных материалов вследствие автоматизации конкретных видов планово-учетных и аналитических работ.

Не исключено, что внедрение автоматизированных информационных технологий на первом этапе не приведет к уменьшению числа работников планово-учетных служб. В этом случае учитывают *косвенную эффективность*, проявляющуюся в конечных результатах хозяйственной деятельности предприятия. Ее локальными критериями могут быть: сокращение сроков составления сводок, повышение качества планово-учетных и аналитических работ, сокращение документооборота, повышение культуры и производительности труда и т. д. Основным же показателем является повышение качества управления, которое, как и при прямой экономической эффективности, ведет к экономии живого и овеществленного труда. Оба вида рассмотренной экономической эффективности взаимосвязаны.

Определяют экономическую эффективность с помощью трудовых и стоимостных показателей. Основным при расчетах является метод сопоставления данных базисного и отчетного периодов. В качестве базисного периода при переводе отдельных работ на автоматизацию принимают затраты на обработку информации до внедрения автоматизированных информационных технологий, а при совершенствовании действующей системы автоматизации экономических работ — затраты на обработку информации при достигнутом уровне автоматизации. При этом пользуются абсолютными и относительными показателями.

Абсолютный  
показатель стоимости

$$C_{\text{эк}} = C_0 - C_1.$$

Индекс  
стоимости затрат

$$J_{\text{ст.зат}} = C_1 / C_0.$$

Срок  
окупаемости затрат

$$T_{\text{ок}} = (Z_0 + П_0) K_{\text{эф}} / (C$$

где  $Z_0$  — затраты на техническое обеспечение;  $П_0$  — затраты на программное обеспечение;  $K_{\text{эф}}$  — коэффициент эффективности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пospelов Г.С. **Искусственный интеллект — основа новой информационной технологии.** М.: Высшая школа, 1988
2. Советов Б.Я., Цехановский В.В. **Информационные технологии.** М.: Высшая школа, 2005
3. Норенков И.П., Маничев В.Б. **Система автоматизированного проектирования электронной и вычислительной аппаратуры.** М.: Высшая школа, 1983
4. Михалевич В.С. **Информатика: Общие положения.** Киев, 1983
5. Яблочников Е.И. **Автоматизация технологической подготовки производства в приборостроении.** СПб.: СПб ГИТМО (ТУ), 2002
6. Кузнецов П.М. **Управление технологическими объектами и процессами.** М.: Изд-во МГОУ, 2003
7. [www.intuit.ru](http://www.intuit.ru)

### ○ **Контрольные вопросы и упражнения**

- Назовите пути повышения интеллектуальности подсистем проектирования.
- Что понимают под полезностью альтернативы?
- Какие существуют способы оценки полезности?
- Как формируют обучающие выборки?
- Что является основой для развития искусственного интеллекта?
- Поясните понятие "интеллект".
- Какова основная задача создания искусственного интеллекта?
- Как работает лабиринтная модель?
- Поясните работу ассоциативной модели.
- Почему используется модельная гипотеза?
- Каковы цели и задачи искусственного интеллекта?
- Какие современные проблемы решаются в искусственном интеллекте?
- Поясните два направления исследований в области искусственного интеллекта.
- Что называют машинным интеллектом?
- Что входит в понятие "искусственный разум"?
- Какие процессы включаются в понятие "жизненный цикл изделий"?

- Какие из функций реализованы в интеллектуальной системе?
- Какие процессы входят в понятие "жизненный цикл информации"?
- Что представляет собой база знаний?
- Какие функции выполняет база фактов?
- Для чего используется база правил?
- В каких случаях используется база процедур?
- Что представляет собой база закономерностей?
- Что входит в базу метазнаний?
- Что представляют собой интеллектуальные информационно-поисковые системы?
- Как формируются экспертные системы?
- Что входит в состав расчетно-логических систем?
- Из чего формируются гибридные экспертные системы?
- Что представляют собой семантические сети?
- Покажите, как записываются фреймы и сети фреймов.
- Из чего состоят продукционные модели?
- Что называется "блоком дедуктивного вывода"?
- Из чего формируются блоки индуктивного и правдоподобного выводов?
- Что представляет собой блок планирования?
- Из чего состоит блок функциональных преобразований?
- Покажите особенности экспертных систем.
- Что дают пользователю экспертные системы?
- Назовите типы задач, решаемых ЭС.
- Какие действия выполняет диалоговый компонент ЭС?
- Какие функции выполняет решатель?
- Какие действия выполняет объяснительный компонент?
- Поясните режимы работы ЭС.
- Что означает термин "знание" в искусственном интеллекте?
- Покажите различие между алгоритмическим и эвристическим методами.
- Что входит в понятие "фрейм"?
- Поясните режим консультации ЭС.
- Что входит в компонент приобретения знаний?
- Что такое система, основанная на знаниях?
- Что входит в понятие "Коэффициент уверенности"?

- Что входит в обработку данных?
- Перечислите составные компоненты инженерии знаний.
- В чем различие алгоритмов и эвристик?
- Поясните суть процесса логического вывода.
- Что называется робастностью?
- Какими качествами должна обладать ЭС?
- В чем важность самосознания ЭС?
- Перечислите виды классификации ЭС.
- Назовите трудности, возникающие при разработке ЭС.
- Поясните методологию ЭС.
- Что называют метазнаниями?
- Что означает "Символьная структура"?
- Как различают эффективность создания ЭС и эффективность ее функционирования?
- Какие критерии эффективности используют при выборе средств системы?
- Как должна быть рассчитана эффективность применения автоматизированных информационных технологий (АИТ)?
- Что понимают под эффективностью автоматизированного преобразования информации?
- Что называют обобщенным критерием экономической эффективности?
- Что входит в прямую экономическую эффективность?
- Что составляет косвенную эффективность АИТ?
- Что определяет стандарт для обмена данными о промышленных изделиях?
- Кратко перечислите документы, содержащиеся в томах STEP.
- Как рассчитывается экономическая эффективность информационных технологий?
- Дайте характеристику стандартов управления качеством промышленной продукции.
- Дайте характеристику стандартов, используемых в CALS-технологии.
- Укажите основные свойства процесса проектирования информационных систем.
- Перечислите основные особенности исходных данных для проектирования информационных систем.
- Что такое функциональные спецификации?