

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева»

**Программа дополнительного профессионального образования
«Прикладные методы, средства и технологии искусственного интеллекта»**

Дисциплина «Методы и системы искусственного интеллекта в организациях химической
отрасли»

Лекция 1. Принципы построения экспертных систем

Краткий исторический очерк развития методов искусственного интеллекта, основанных на знаниях.

Понятие и классификация экспертных систем. Типовая структура и пользователи экспертной системы.

Этапы и средства разработки экспертных систем

Ведущий преподаватель: кандидат технических наук,
доцент **Михайлова Павла Геннадьевна**

1.1. Краткий исторический очерк развития методов искусственного интеллекта, основанных на знаниях

Понятие

Искусственный интеллект (Artificial intelligence, AI)

- В начале 1980-х гг. учёные в области теории вычислений Барр и Файгенбаум предложили следующее определение искусственного интеллекта (ИИ).

Искусственный интеллект – это область информатики, которая занимается разработкой интеллектуальных компьютерных систем, то есть систем, обладающих возможностями, которые мы традиционно связываем с человеческим разумом, – понимание языка, обучение, способность рассуждать, решать проблемы и т.д.

- **Это научное направление**, в рамках которого ставятся и решаются задачи аппаратного или программного моделирования тех видов человеческой деятельности, которые традиционно считаются интеллектуальными. Задачей этой науки является обеспечение разумных рассуждений и действий с помощью вычислительных систем и иных искусственных устройств.
- **Свойство интеллектуальных систем** выполнять функции, например творческие, которые традиционно считаются прерогативой человека
- В национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года согласно указу президента Российской Федерации от 10.10.2019 № 490 даётся следующее определение искусственного интеллекта:

Искусственный интеллект – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека.

- Это совокупность методов и инструментов решения различных сложных прикладных задач, использующих принципы и подходы, аналогичные размышляющему над их решением человеку **или процессам, протекающим в живой или неживой природе**

Этапы развития

40-е гг. XX века

- Появление первых ЭВМ
- Возможно ли создать машину, интеллектуальные возможности которой были бы тождественны или даже превосходили интеллектуальные возможности человека?

50-е гг. XX века

- Исследователи пытались строить разумные машины, имитируя мозг
- 1956 г. состоялся семинар в Стэнфордском университете (США), где был впервые предложен термин искусственный интеллект – Artificial Intelligence

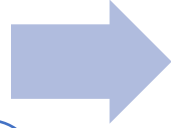
60-е гг. XX века

- Попытки отыскать общие методы решения широкого класса задач, моделируя сложный процесс мышления
- Зарождение эвристического программирования

Этапы развития

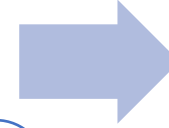
70-80-е гг. XX века

- моделирование конкретных знаний специалистов-экспертов
- Пришел новый подход к решению задач искусственного интеллекта – представление знаний
- Первые коммерческие системы, основанные на знаниях, или экспертные системы («MYCIN», «DENDRAL»)
- стала развиваться область машинного обучения



Конец 1990-х и начало 2000-х годов

- Развитие прикладных систем искусственного интеллекта
- Нейронные сети
- Инженерия знаний
- Онтологии



2010 – настоящее время

- Машинное обучение
- Глубокое обучение
- Большие данные
- Искусственный общий (сильный, полный, синтетический) интеллект

Исследователи искусственного интеллекта

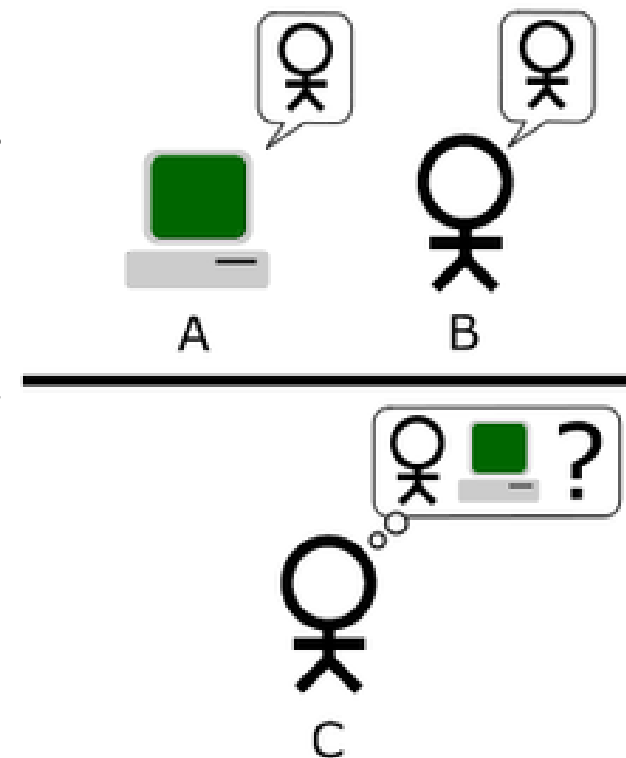
- **Алан Мэтисон Тьюринг** (Alan Mathison Turing), 1912 - 1954 - английский математик, логик, криптограф. Предложенная им в 1936 году абстрактная вычислительная «Машина Тьюринга», позволила формализовать понятие алгоритма и до сих пор используется во множестве теоретических и практических исследований. Также Тьюринг известен как человек, который расшифровал код «Энигмы» – немецкой шифровальной машины. Во время второй мировой войны он работал в криптографическом центре, где ему и удалось произвести расшифровку. В честь Алана Тьюринга был учреждена премия, которая на данный момент является самой престижной в информатике
- **Джон Маккарти** (John McCarthy), 1927- 2011 — американский информатик, автор термина «искусственный интеллект» (1956), изобретатель языка Лисп (1958), основоположник функционального программирования, лауреат премии Тьюринга (1971) за огромный вклад в область исследований искусственного интеллекта.
- **Марвин Ли Мински** (Marvin Lee Minsky), 1927-2016) — американский учёный в области искусственного интеллекта, сооснователь Лаборатории искусственного интеллекта в Массачусетском технологическом институте. Основоположник теории фреймов.



Тест Тьюринга

Стандартная интерпретация теста Тьюринга. А и В (компьютер и человек) пытаются убедить С (человека экзаменатора, или даже машину - обратный тест Тьюринга), что они - люди

CAPTCHA (*Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart* — полностью автоматизированный публичный [тест Тьюринга](#) для различения компьютеров и людей) — компьютерный тест, используемый для того, чтобы определить, кем является пользователь системы: человеком или компьютером.



Eugene Goostman

THE WEIRDEST CREATURE IN THE WORLD



Princeton *ai*
ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Type your question here:

reply

Критика теста Тьюринга

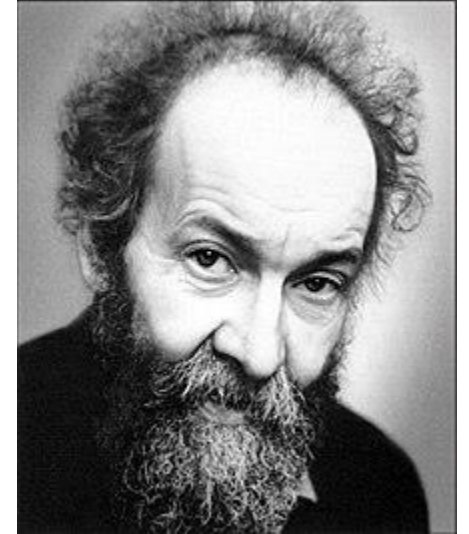
(«Китайская комната» Дж. Р. Сёрля)



В статье «Is the Brain's Mind a Computer Program?» («Является ли мозговое мышление компьютерной программой?»), опубликованной в 1990 году, Сёрль описывает и доказывает, что при проведении теста Тьюринга не существует *никакой* возможности отличить действительно мыслительную деятельность программы от механического исполнения правильно подготовленным инструкциям.

История развития искусственного интеллекта в России

- 1954 год - семинар «Автоматы и мышление» (проф. Ляпунов Алексей Андреевич)
- 1945-1964 гг. – разработка программ и исследуется поиск решения логических задач. В Ленинграде (ЛОМИ — Ленинградское отделение математического института им. В. А. Стеклова) создается программа, автоматически доказывающая теоремы (АЛПЕВ ЛОМИ). Она основана на оригинальном «обратном методе» С. Ю. Маслова, сопоставимом с методом резолюций Робинсона.
- 1965-1980 гг. – получает развитие новая наука — ситуационное управление. Основоположник этой научной школы — проф. Поспелов Дмитрий Александрович
- 1980-1990 гг. – исследования в области представления знаний, языки представления знаний, экспертные системы (более 300). В МГУ создается язык РЕФАЛ
- 1988 гг. – создается ассоциация искусственного интеллекта. Ее членами являются более 300 российских исследователей (Д.А. Поспелов - президент). Крупнейшие центры — в Москве, Санкт-Петербурге, Переславле-Залесском, Новосибирске.



Ляпунов Алексей Андреевич,
1911-1973



Поспелов Дмитрий Александрович,
1932-2019

Ученые РХТУ им. Д.И. Менделеева



Дорохов Игорь Николаевич, д.т.н., профессор кафедры кибернетики химико-технологических процессов, член Международной ассоциации искусственного интеллекта.

Дорохов И. Н. , Меньшиков В. В. Системный анализ процессов химической технологии. Интеллектуальные системы и инженерное творчество в задачах интенсификации химико-технологических процессов и производств, М.: Наука, 2005. — 584 с.



Мешалкин Валерий Павлович, академик РАН, д.т.н., профессор кафедры логистики и экономической информатики

Мешалкин В. П., Экспертные системы в химической технологии: Основы теории, опыт разработки и применения. — М.: Химия, 1995. — 368 с.

Направления исследований в области искусственного интеллекта

Прагматическое направление основано на предположении о том, что мыслительная деятельность человека – «черный ящик». Но если результат функционирования искусственной системы в некотором смысле совпадает с результатом деятельности эксперта, то такую систему можно признать интеллектуальной независимо от способов получения этого результата.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ – разбивается на несколько групп. К ним относят **игровые программы, естественно-языковые программы** (системы машинного перевода, автоматического реферирования, генерации текстов), **распознающие программы, программы создания произведений живописи и графики.**

СОЗДАНИЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ. Инструментарий – языки для систем искусственного интеллекта; дедуктивные и индуктивные методы автоматического синтеза программ; лингвистические процессоры; системы анализа и синтеза речи; базы знаний; оболочки, прототипы систем; системы когнитивной графики

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ЗНАНИЙ

РОБОТОТЕХНИКА

Бионическое направление исследований в области искусственного интеллекта основано на предположении о том, что если в искусственной системе воспроизвести структуры и процессы человеческого мозга, то и результаты решения задач такой системой будут подобны результатам, получаемым человеком.

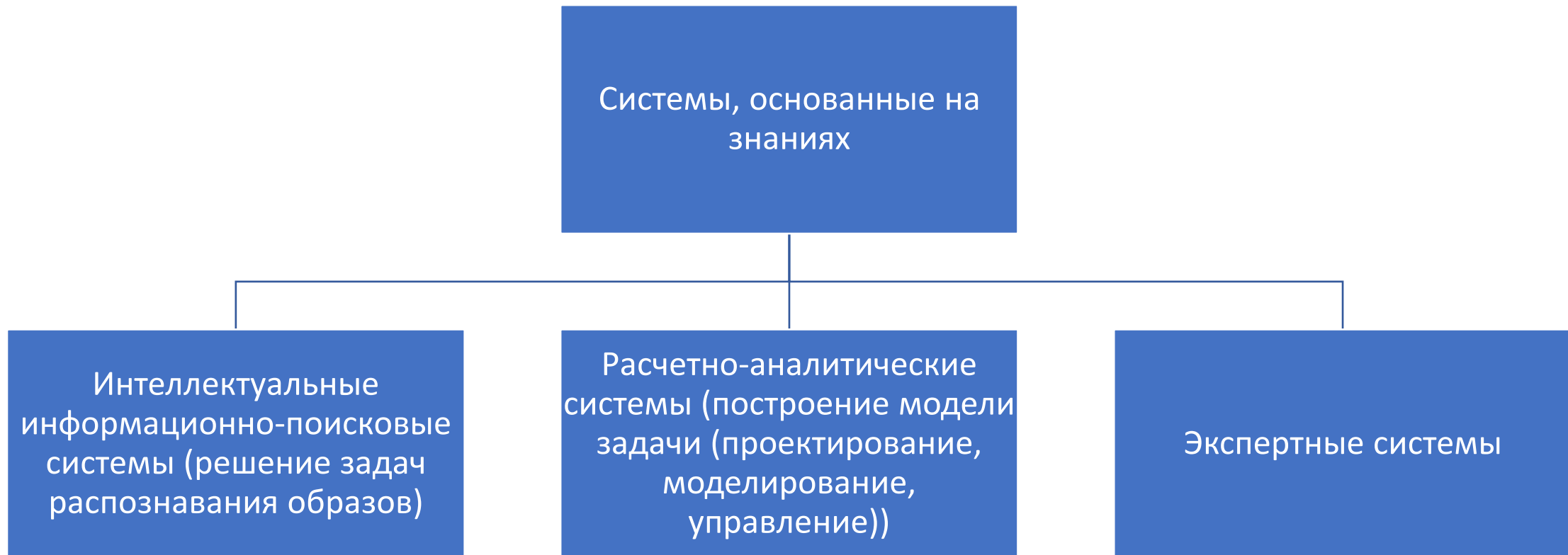
НЕЙРОБИОНИЧЕСКИЙ ПОДХОД. В его основе лежат системы элементов, способные подобно нейронам головного мозга воспроизводить некоторые интеллектуальные функции. Прикладные системы, разработанные на основе этого подхода, называются **нейронными сетями**

СТРУКТУРНО-ЭВРИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД. В его основе лежат знания о наблюдаемом поведении объекта или группы объектов и соображения о тех структурах, которые могли бы обеспечить реализацию наблюдаемых форм поведения. Примером подобных систем служат **мультиагентные системы**

ГОМЕОСТАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД. В этом случае решаемая задача формулируется в терминах эволюционирующей популяции организмов – совокупности противоборствующих и сотрудничающих подсистем, в результате функционирования которых обеспечивается нужное равновесие (устойчивость) всей системы в условиях постоянно изменяющихся воздействий среды. Такого рода подход реализован в прикладных системах на основе **генетических алгоритмов.**

Системы, основанные на знаниях

Системы, использующие знания определенной предметной области для решения задач данной области



Поисковые алгоритмы Яндекса

«Палех»(2016 г.) алгоритм позволяет поиску Яндекса лучше отвечать на сложные запросы из «длинного хвоста».



YATI (2020 г.) — аббревиатура от **Yet Another Transformer with Improvements**, что дословно переводится как «ещё один трансформер с улучшениями».

Собственно **трансформер** — это нейросеть, которая может анализировать текст и «понимать» его смысл. Это значит, что нейросеть учитывает смысл заголовков и фрагментов текста, порядок слов, контекст и сопоставляет его со смыслом заданного пользователем запроса.

1.2. Понятие и классификация экспертных систем. Типовая структура и пользователи экспертной системы

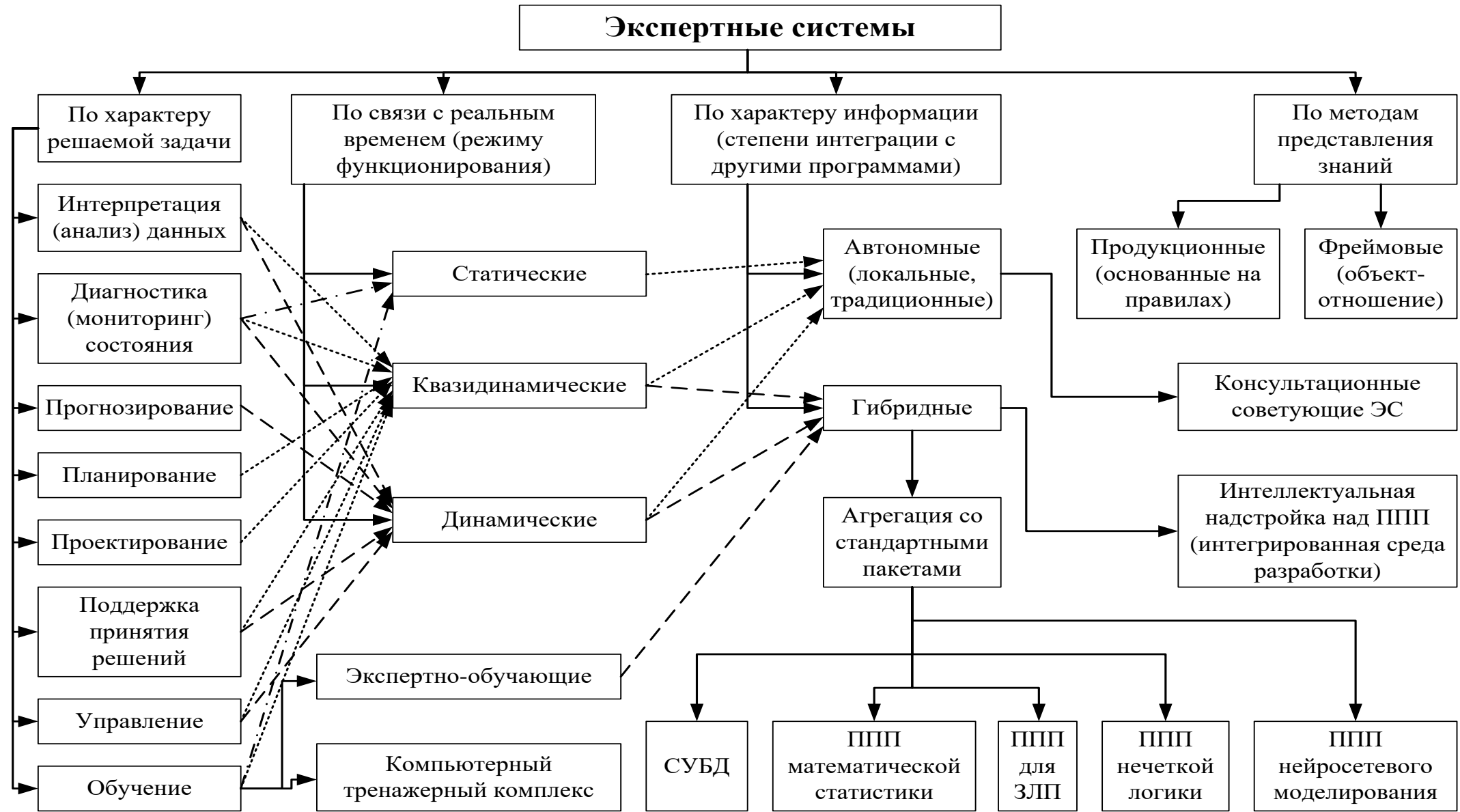
Понятие

Экспертная система (ЭС) – это программный комплекс для ЭВМ, способный накапливать и обобщать знания и эмпирический опыт эксперта в какой-либо предметной области, а затем работать в качестве советчика при рядовом специалисте. При этом качество решений, рекомендуемых экспертной системой сопоставимо с качеством решений экспертов.

Таким образом, ЭС включает следующие основные функции:

- приобретение знаний (то есть передача полезного опыта решения проблемы от экспертов или некоторого другого источника знаний и преобразование его в вид, позволяющий использовать эти знания в программе);
- представление знаний;
- управление процессом поиска решений;
- разъяснение принятого решения.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ



КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

➤ По характеру решаемых задач различают

- **ЭС интерпретации** (анализа) данных. Под интерпретацией понимается процесс определения смысла данных, результаты которого должны быть согласованными и корректными. В химической технологии к задачам интерпретации данных относят задачи описания ситуации по информации, выдаваемой датчиками. Правильная интерпретация данных позволяет избежать аварийных ситуаций;
- **ЭС диагностики**. Под диагностикой понимается процесс соотнесения объекта с некоторым классом объектов и/или обнаружения неисправностей (неполадок, отклонений, нарушений) в некоторой системе, то есть диагностирование заключается в определении возможных причин неправильного функционирования (отклонений) и отказов технической системы по результатам наблюдений. ЭС диагностики нашли широкое применение для диагностики отказов и решения широкого круга задач эксплуатационной надежности в химической технологии
- **ЭС мониторинга** состояния системы (объекта). Основная задача мониторинга – непрерывная интерпретация данных в реальном масштабе времени и сигнализация о выходе тех или иных параметров за допустимые пределы. Главными проблемами в системах мониторинга являются возможность пропуска тревожной ситуации и инверсная задача ложного срабатывания. Сложностью этих проблем являются размытость симптомов тревожных ситуаций и необходимость учета временного фактора. Поэтому для представления знаний в таких системах перспективно использовать модели на основе нечеткой логики. Примерами таких экспертных систем служат ЭС контроля аварийных датчиков на промышленных предприятиях и других потенциально опасных объектах.
- **ЭС прогнозирования** предназначены для предсказания последствий некоторых событий или явлений на основании анализа имеющихся данных. Прогнозирующие системы логически выводят вероятные последствия из заданных ситуаций.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

– **ЭС планирования.** Под планированием понимается нахождение планов действий, относящихся к объектам, способным выполнять некоторые функции. В таких ЭС используются модели поведения (функционирования) реальных объектов с целью логического вывода последствий планируемой деятельности. Для решения задач производственного планирования разработаны: ЭС планирования производственных заказов, планирования эксперимента, планирования поведения робота и т.п. В химической технологии – это ЭС планирования переключений в системах блокировки технологических установок, планирования операций при пуске и останове, составления расписания выпуска многоассортиментной продукции и другие.

– **ЭС проектирования** предназначены для разработки структуры или конфигурации технического объекта (системы) при заданных ограничениях на характеристики и условия функционирования. В химической технологии ЭС проектирования могут использоваться для выбора оборудования для реализации технологических процессов (задача о назначении), при решении задач структурно-параметрического синтеза ХТС, для решения задач оптимального размещения оборудования и трассировки трубопроводов; технико-экономического обоснования создания ресурсосберегающих и экологически чистых химических производств и других.

– **ЭС поддержки принятия решений.** Эти системы предназначены для обеспечения лиц, принимающих решения, необходимой информацией и рекомендациями, облегчающими процесс принятия решений. Эти системы помогают специалистам выбрать и/или сформировать нужную альтернативу из множества альтернатив при принятии решений, связанных с проектированием, планированием и функционированием производства

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

- **ЭС управления** сложными динамическими объектами и системами. Позволяют осуществлять управление сложными техническими и технологическими системами в режиме реального времени в соответствии с заданными функциями. Речь идет о *ситуационном управлении* – то есть управлении функционированием технической или организационно-технической системы на основе результатов интерпретации ситуаций, прогнозирования, планирования и выработки управляющих решений для технических систем, структура, свойства и основные процессы функционирования которых не могут быть полностью формально описаны с использованием математических моделей
- **ЭС обучения** предназначены для приобретения, усвоения и запоминания определенного опыта, экспертизы конкретного объекта, общедоступных теоретических и экспериментальных знаний путем тестирования, диагностики, отладки и исправления ошибок обучаемого. Различают экспертные обучающие системы и компьютерные тренажерные комплексы (тренажеры).
- **Экспертные обучающие системы (ЭОС)** – системы, реализованные на основе технологий искусственного интеллекта, предназначенные для моделирования деятельности экспертов при решении сложных задач. ЭОС способны приобретать новые знания, давать ответ на запрос обучаемого и решение задач из определенной предметной области. При этом ЭОС обеспечивает пояснение стратегии и тактики решения задач в ходе диалоговой поддержки процесса решения
- **Тренажёр** – это программно-аппаратный комплекс, предназначенный для отработки и закрепления различных навыков, обычно включающий средства для оценки достигнутого уровня навыков и соответствующего изменения интенсивности (сложности, скорости и т.д.) тренирующих воздействий

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

➤ По *отношению ко времени* (или режиму функционирования) различают ЭС статические, квазидинамические и динамические .

Статические ЭС разрабатываются в предметных областях, в которых база знаний и интерпретируемые данные не меняются во времени. Эти ЭС достаточно стабильны. Примером служат ЭС диагностики неисправностей в автомобиле, медицинской диагностики, для решения задач диагностики в химической технологии. Статическими являются некоторые экспертные обучающие системы, предназначенные для обучения конкретным знаниям и навыкам (например, для обучения технике безопасности по определенным видам работ).

Квазидинамические ЭС интерпретируют ситуацию, которая меняется с некоторым (чаще фиксированным) интервалом времени. Информация в базы знаний квазидинамической ЭС поступает периодически с заданным интервалом либо непосредственно с датчиков, либо заносится пользователем в определенные моменты времени (например, 1 раз в смену, 1 раз в сутки и т.п.). В химической технологии квазидинамические ЭС нашли широкое применение для управления периодическими производствами, для решения задач планирования, проектирования, поддержки принятия решений и обучения в области управления экологической безопасностью.

Динамические ЭС работают в сопряжении с датчиками объектов в режиме реального времени с непрерывной интерпретацией поступающих в систему данных. Примеры динамических ЭС в химической технологии: ЭС для управления гибкими производственными системами, анализа и интерпретации данных в системах контроля и управления реального времени, управления непрерывными ХТП, мониторинга и прогнозирования состояния атмосферного воздуха.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

- **По характеру информации** (или степени интеграции с другими программами) ЭС классифицируют на автономные (локальные, традиционные) и гибридные.

Автономные (локальные) ЭС работают непосредственно в режиме консультаций с пользователем для специфических экспертных задач, для решения которых не требуется привлекать традиционные методы обработки данных (расчеты, моделирование и т.п.). Как правило, в локальных ЭС используется одна из моделей представления знаний. Эти системы не предусматривают интеграцию с другими программными приложениями.

Гибридные ЭС представляют программный комплекс, агрегирующий стандартные пакеты прикладных программ (например, математическую статистику, линейное программирование, нечеткую логику, нейросетевое моделирование или системы управления базами данных) и средства манипулирования знаниями. Это может быть интеллектуальная надстройка над пакетами прикладных программ или интегрированная среда для решения сложной задачи с элементами экспертных знаний.

Кроме того, гибридные ЭС предусматривают возможность наличия в них нескольких моделей представления знаний. Несмотря на внешнюю привлекательность гибридного подхода, следует отметить, что разработка таких систем является на порядок более сложной, чем разработка автономной ЭС. Стыковка не просто разных пакетов, но и разных технологий в гибридных системах порождает целый комплекс теоретических и практических трудностей.

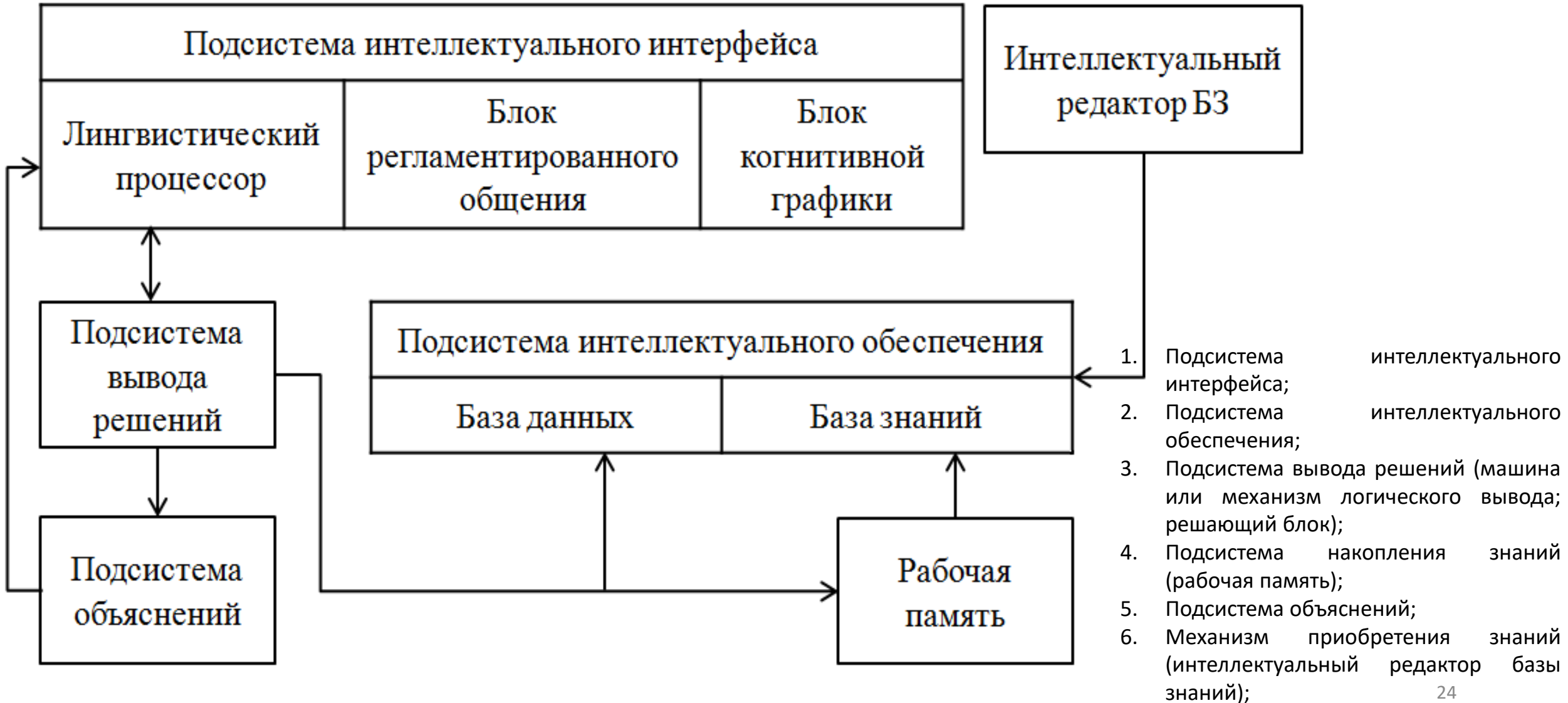
КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

- По *методам представления знаний* различают ЭС
 - *продукционные* (основанные на правилах);
 - *фреймовые* (основанные на объектно-ориентированном представлении знаний) ЭС;
 - *семантические сети*,
 - *нейлоровские диагностирующие* ЭС (на основе байесовского подхода).

Нейлоровские диагностирующие системы основаны на схеме (подходе) Байеса. Формула Байеса позволяет накапливать информацию, поступающую из различных источников, с целью подтверждения или опровержения выдвинутой гипотезы (диагноза).

В нейлоровских диагностирующих системах вводятся верхние и нижние пороги для вероятностей гипотез; учитываются неопределенности, связанные с реакцией пользователей; вводятся цены свидетельств, определяющих сценарий диалога с пользователем.

ТИПОВАЯ СТРУКТУРА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ



ТИПОВАЯ СТРУКТУРА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

➤ **Подсистема интеллектуального интерфейса** – совокупность программно-аппаратных средств, обеспечивающих дружественное интеллектуальное взаимодействие пользователей системы на ограниченном естественном языке (ОЕЯ) при накоплении знаний, поиске и объяснении решения неформализованной задачи (НФЗ). В ее состав входят лингвистический процессор, блок регламентированного общения, блок когнитивной графики.

- **Лингвистический процессор** обеспечивает интеграцию экспертной системой запросов пользователей, выраженных на ОЕЯ, путем перевода их на внутренний язык ЭВМ, использующий модели представления знаний и решения обратной задачи.
- **Блок регламентированного общения** – совокупность программных средств, реализующих заранее запланированный сценарий взаимодействия ЛПР и ЭС.
- **Блок когнитивной графики** – совокупность программно-аппаратных средств, которые позволяют ЛПР визуально воспринимать процесс и результаты поиска решения.

ТИПОВАЯ СТРУКТУРА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

- **Подсистема интеллектуального обеспечения** включает в себя базы данных и знаний.

База знаний является ядром любой ЭС. В ней реализуются модели представления знаний. БЗ состоит из правил анализа информации от пользователя по конкретной проблеме. ЭС анализирует ситуацию и, в зависимости от направленности ЭС, дает рекомендации по разрешению проблемы.

- **Подсистема вывода решений** – совокупность программных средств, которые реализуют операции извлечения и применения необходимых знаний из БЗ и рабочей памяти, а также данных из БД для автоматизированного решения НФЗ.

- **Рабочая память** – совокупность программно-реализованных средств, которые обеспечивают накопление, хранение, поиск знаний, полученных в ходе решения НФЗ и отражающих текущее состояние решения задачи.

- **Подсистема объяснений** – совокупность программных средств, позволяющих объяснить ЛПР, каким образом и на основе каких предпосылок экспертной системой получено конкретное заключение.

- **Интеллектуальный редактор БЗ** предназначен для обеспечения работы инженера по знаниям по поддержанию моделей представления знаний адекватным реальной предметной области (генерации БЗ, ее тестирование, пополнение новыми знаниями, исключение неверных или устаревших знаний).

ПОЛЬЗОВАТЕЛИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Разработку, отладку и эксплуатацию ЭС осуществляют специалисты:

- **Эксперт** – известный специалист в данной предметной области, который владеет разнообразными знаниями и источниками информации в этой области, а также за годы работы приобрел навыки и опыт высокоэффективного решения определенного класса задач в данной предметной области
- **Инженер по знаниям** – специалист, создающий интеллектуальное обеспечение экспертной системы, владеющий теорией ИИ, умеющий проводить концептуальный анализ предметной области, разрабатывать модели представления знаний, владеющий разнообразными источниками информации и имеющий опыт решения задач в данной предметной области
- **Инженер-программист** – специалист по языкам интеллектуального, функционального и проблемно-ориентированного программирования, создающий программное и информационное обеспечение ЭС
- **Пользователь** (лицо, принимающее решения (ЛПР)).



Процедурные знания (иногда называемые практическими знаниями, императивными знаниями или перформативными знаниями) - это знания, полученные при выполнении некоторой задачи. В отличие от описательного знания (также известного как «**декларативное знание**», «**пропозициональное знание**» или «**знание того**»), которое включает знание конкретных фактов или утверждений (например, «Я знаю, что формула воды H_2O »), процедурное знание включает способность сделать что-нибудь (например, «Я знаю, как проводить титрование»)

- Знания I рода (декларативные)
- Знания II рода (процедурные)

Режимы работы экспертной системы

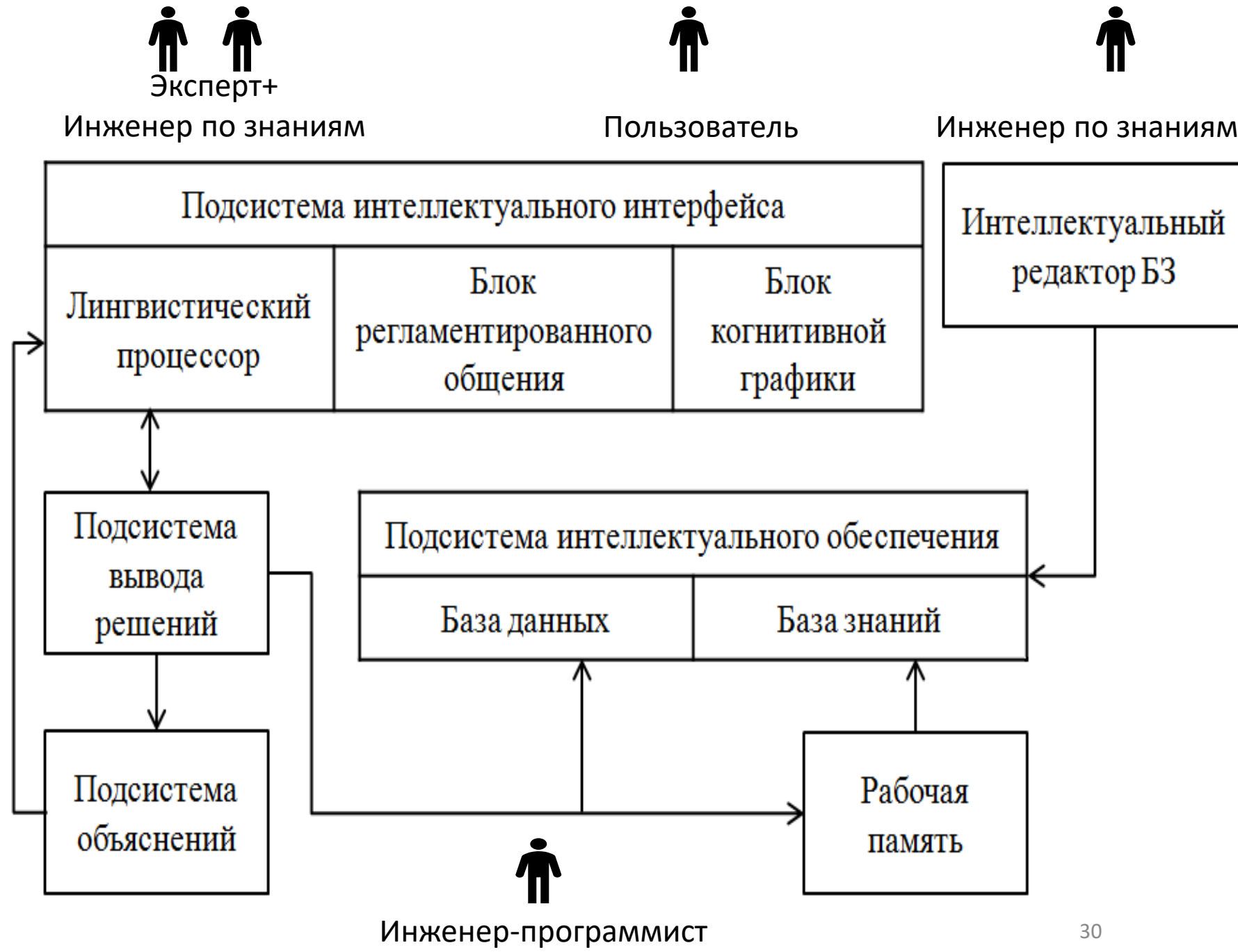
Экспертная система работает в двух режимах:

- **в режиме приобретения знаний;**
- **в режиме решения задачи** (называемом также режимом консультации или режимом использования ЭС).

В режиме приобретения знаний общение с ЭС осуществляет (через посредничество инженера по знаниям) эксперт. В этом режиме эксперт, используя компонент приобретения знаний (редактор БЗ), наполняет систему знаниями, которые позволяют ЭС в режиме решения самостоятельно (без эксперта) решать задачи из проблемной области. 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 с данными, характерные для рассматриваемой области.

В режиме консультации общение с ЭС осуществляет пользователь, которого интересует результат и (или) способ его получения. Необходимо отметить, что в зависимости от назначения ЭС пользователь может не быть специалистом в данной проблемной области (в этом случае он обращается к ЭС за результатом, не умея получить его сам), или быть специалистом (в этом случае пользователь может сам получить результат, но он обращается к ЭС с целью либо ускорить процесс получения результата, проконсультироваться, либо возложить на ЭС рутинную работу).

- В режиме консультации исходные данные (факты) о задаче от пользователя поступают через интерфейс в решатель.
- Решатель на основе входных данных, общих данных о проблемной области и правил из БЗ формирует решение задачи.
- ЭС при решении задачи не только исполняет предписанную последовательность операции, но и предварительно формирует ее.
- Если реакция системы не понятна пользователю, то он может потребовать объяснения, которое выдается из системы объяснений.



1.3. Этапы и средства разработки экспертных систем

ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

1. **Выбор проблемы;**
2. **Разработка прототипа проблемы;**
3. **Этап идентификации проблем** – определяются задачи, которые подлежат решению, выявляются цели разработки, определяются эксперты и типы пользователей;
4. **Этап получения знаний** – проводится содержательный анализ проблемной области, выявляются используемые понятия и их взаимосвязи, определяются методы решения задач;
5. **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;
6. **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;
7. **Реализация ЭС** – создается один или несколько прототипов ЭС, решающие требуемые задачи;
8. **Этап тестирования** – производится оценка выбранного способа представления знаний в ЭС в целом;
9. **Доработка прототипа до коммерческой версии;**
10. **Оценка ЭС** (оценка работы, составление руководства пользователя);
11. **Стыковка и техническая поддержка.**

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Основными средствами разработки экспертных систем являются:

1. Языки программирования.
2. Среды программирования.
3. Пустые экспертные системы (оболочки)

Языки программирования делят на:

- традиционные языки программирования типа PYTHON, C#, Java и др.;
- Языки символьной обработки, которые используются для прикладных областей искусственного интеллекта (LISP, Smalltalk, ПРОЛОГ). Основным достоинством языков программирования является универсальность, а недостатками – сложность освоения и модернизации.

Среды программирования позволяют разработчику не программировать некоторые функции. Основным достоинством является упрощенность процедуры разработки системы, недостатком – сложность освоения и модернизации (ART, KEE, ПИЭС, ЛОГОС, CLIPS, Simer + MIR, G2)

Оболочки экспертных систем содержат реализацию одной или нескольких моделей представления знаний. Основным достоинством является простота реализации, недостатком – малая гибкость, трудность модернизации (EXSYS, KAPPA и др.).

Свободно распространяемые и дешевые «оболочки»[1]:

- E2glite (<http://www.expertise2go.com/webesie/e2gdoc/>);
- JESS (<http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/download.shtml>);
- JEOPS (<http://www.cin.ufpe.br/~jeops/>);
- TyRuBa (<http://tyruba.sourceforge.net/>).

1. Гаврилова, Т. А. Инженерия знаний. Модели и методы : учебник для вузов / Т. А. Гаврилова, Д. В. Кудрявцев, Д. И. Муромцев. — 5-е изд, стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-507-44194-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/217442> (дата обращения: 23.09.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 31.