**Введение**

Экспертные системы (ЭС) возникли как значительный практический результат в применении и развитии методов искусственного интеллекта (ИИ)- совокупности научных дисциплин, изучающих методы решения задач интеллектуального (творческого) характера с использованием ЭВМ.

Область ИИ имеет более чем сорокалетнюю историю развития. С самого начала в ней рассматривался ряд весьма сложных задач, которые, наряду с другими, и до сих пор являются предметом исследований: автоматические доказательства теорем, машинный перевод (автоматический перевод с одного естественного языка на другой), распознавание изображений и анализ сцен, планирование действий роботов, алгоритмы и стратегии игр.

ЭС – это набор программ, выполняющий функции эксперта при решении задач из некоторой предметной области. ЭС выдают советы, проводят анализ, дают консультации, ставят диагноз. Практическое применение ЭС на предприятиях способствует эффективности работы и повышению квалификации специалистов.

Главным достоинством экспертных систем является возможность накопления знаний и сохранение их длительное время. В отличии от человека к любой информации экспертные системы подходят объективно, что улучшает качество проводимой экспертизы. При решении задач, требующих обработки большого объема знаний, возможность возникновения ошибки при переборе очень мала.

При создании ЭС возникает ряд затруднений. Это прежде всего связано стем, что заказчик не всегда может точно сформулировать свои требования к разрабатываемой системе. Также возможно возникникновение трудностей чисто психологического порядка: при создании базы знаний системы эксперт может препятствовать передаче своих знаний, опасаясь, что впоследствии его заменят “машиной”. Но эти страхи не обоснованы, т. к. ЭС не способны обучаться, они не обладают здравым смыслом, интуицией. Но в настоящее время ведутся разработки экспертных систем, реализующих идею самообучения. Также ЭС неприменимы в больших предметных областях и в тех областях, где отсутствуют эксперты.

Экспертная система состоит из базы знаний (части системы, в которой содержатся факты), подсистемы вывода (множества правил, по которым осуществляется решение задачи), подсистемы объяснения, подсистемы приобретения знаний и диалогового процессора .

При построении подсистем вывода используют методы решения задач искусственного интеллекта.

Итак, целью нашего исследования является анализ экспертных систем.

В ходе работы следует выполнить ряд задач, а именно рассмотреть:

- понятие экспертных систем;

- историю развития экспертных систем

- характеристику экспертных систем

- критерий использования ЭС для решения задач

- области применения экспертных систем

- Экспертные системы при моделировании процессов в техносфере

**Глава 1. Понятие экспертных систем**

**1.1 Что такое экспертные системы?**

Экспертные системы (ЭС) - это яркое и быстро прогрессирующее направление в области искусственного интеллекта (ИИ) [1, c. 88]. Причиной повышенного интереса, который ЭС вызывают к себе на протяжении всего своего существования является возможность их применения к решению задач из самых различных областей человеческой деятельности. Пожалуй, не найдется такой проблемной области, в которой не было бы создано ни одной ЭС или по крайней мере, такие попытки не предпринимались бы.

ЭС- это набор программ или программное обеспечение, которое выполняет функции эксперта при решении какой-либо задачи в области его компетенции. ЭС, как и эксперт-человек, в процессе своей работы оперирует со знаниями. Знания о предметной области, необходимые для работы ЭС, определенным образом формализованы и представлены в памяти ЭВМ в виде базы знаний, которая может изменяться и дополняться в процессе развития системы [3, c. 92].

ЭС выдают советы, проводят анализ, выполняют классификацию, дают консультации и ставят диагноз. Они ориентированы на решение задач, обычно требующих проведения экспертизы человеком-специалистом. В отличие от машинных программ, использующий процедурный анализ, ЭС решают задачи в узкой предметной области (конкретной области экспертизы)на основе дедуктивных рассуждений. Такие системы часто оказываются способными найти решение задач, которые неструктурированны и плохо определены. Они справляются с отсутствием структурированности путем привлечения эвристик, т. е. правил, взятых “с потолка”, что может быть полезным в тех системах, когда недостаток необходимых знаний или времени исключает возможность проведения полного анализа.

Экспертная система может полностью взять на себя функции, выполнение которых обычно требует привлечения опыта человека-специалиста, или играть роль ассистента для человека, принимающего решение. Другими словами, система (техническая или социальная), требующая принятия решения, может получить его непосредственно от программы или через промежуточное звено — человека, который общается с программой. Тот, кто принимает решение, может быть экспертом со своими собственными правами, и в этом случае программа может "оправдать" свое существование, повышая эффективность его работы. Альтернативный вариант — человек, работающий в сотрудничестве с такой программой, может добиться с ее помощью результатов более высокого качества. Вообще говоря, правильное распределение функций между человеком и машиной является одним из ключевых условий высокой эффективности внедрения экспертных систем.

Главное достоинство ЭС - возможность накапливать знания, сохранять их длительное время, обновлять и тем самым обеспечивать относительную независимость конкретной организации от наличия в ней квалифицированных специалистов [5, c. 74]. Накопление знаний позволяет повышать квалификацию специалистов, работающих на предприятии, используя наилучшие, проверенные решения.

**1.2 История развития экспертных систем**

Наиболее известные ЭС, разработанные в 60-70-х годах, стали в своих областях уже классическими. По происхождению, предметным областям и по преемственности применяемых идей, методов и инструментальных программных средств их можно разделить на несколько семейств [7, c. 55]:

1. **META-DENDRAL**.Система DENDRAL позволяет определить наиболее вероятную структуру химического соединения по экспериментальным данным (масс- спектрографии, данным ядерном магнитного резонанса и др.).M-D автоматизирует процесс приобретения знаний для DENDRAL. Она генерирует правила построения фрагментов химических структур.

2. **MYCIN-EMYCIN-TEIREIAS-PUFF-NEOMYCIN**. Это семейство медицинских ЭС и сервисных программных средств для их построения.

3. **PROSPECTOR-KAS. PROSPECTOR**- предназначена для поиска (предсказания) месторождений на основе геологических анализов. KAS- система приобретения знаний для PROSPECTOR.

4. **CASNET-EXPERT**. Система CASNET- медицинская ЭС для диагностики выдачи рекомендаций по лечению глазных заболеваний. На ее основе разработан язык инженерии знаний EXPERT, с помощью которой создан ряд других медицинских диагностических систем.

5. **HEARSAY-HEARSAY-2-HEARSAY-3-AGE**. Первые две системы этого ряда являются развитием интеллектуальной системы распознавания слитной человеческой речи, слова которой берутся из заданного словаря. Эти системы отличаются оригинальной структурой, основанной на использовании доски объявлений- глобальной базы данных, содержащей текущие результаты работы системы. В дальнейшем на основе этих систем были созданы инструментальные системы HEARSAY-3 и AGE (Attempt to Generalize- попытка общения) для построения ЭС.

6. Системы **AM** (Artifical Mathematician- искусственный математик) и **EURISCO** были разработаны в Станфордском университете доктором Д. Ленатом для исследовательских и учебных целей. Ленат считает, что эффективность любой ЭС определяется закладываемыми в нее знаниями. По его мнению, чтобы система была способна к обучению, в нее должно быть введено около миллиона сведений общего характера. Это примерно соответствует объему информации, каким располагает четырехлетний ребенок со средними способностями. Ленат также считает, что путь создания узкоспециализированных ЭС с уменьшенным объемом знаний ведет к тупику.

В систему AM первоначально было заложено около 100 правил вывода и более 200 эвристических алгоритмов обучения, позволяющих строить произвольные математические теории и представления. Сначала результаты работы системы были весьма многообещающими. Она могла сформулировать понятия натурального ряда и простых чисел. Кроме того, она синтезировала вариант гипотезы Гольдбаха о том, что каждое четное число, большее двух, можно представить в виде суммы двух простых чисел. До сих пор не удалось ни найти доказательства данной гипотезы, ни опровергнуть ее. Дальнейшее развитие системы замедлилось и было отмечено, что несмотря на проявленные на первых порах “математические способности”, система не может синтезировать новых эвристических правил, т.е. ее возможности определяются только теми эвристиками, что были в нее изначально заложены.

При разработке системы EURISCO была предпринята попытка преодолеть указанные недостатки системы AM. Как и в начале эксплуатации AM, первые результаты, полученные с помощью EURISCO, были эффективными. Сообщалось, что система EURISCO может успешно участвовать в очень сложных играх. С ее помощью в военно-стратегической игре, проводимой ВМФ США, была разработана стратегия, содержащая ряд оригинальных тактических ходов [10, c. 82]. Согласно одному из них, например, предлагалось взрывать свои корабли, получившие повреждения. При этом корабли, оставшиеся неповрежденными, получает необходимое пространство для выполнения маневра.

Однако через некоторое время обнаружилось, что система не всегда корректно переопределяет первоначально заложенные в нее правила. Так, например, она стала нарушать строгое предписание обращаться к программистам с вопросами только в определенное время суток. Т.о., система EURISCO, так же как и ее предшественница, остановилась в своем развитии, достигнув предела, определенного в конечном счете ее разработчиком.

С 1990 года доктор Ленат во главе исследовательской группы занят кодированием и вводом нескольких сот тысяч элементов знаний, необходимых, по его мнению, для создания “интеллектуальной” системы. Этот проект назван Cyc (“Цик”, от английского слова enciklopaedia) [3, c. 59].

**1.3 Характеристики экспертных систем**

При разработке экспертной системы принято делить ее на три основных модуля, как показано на рис. 1 [2, c. 53]:

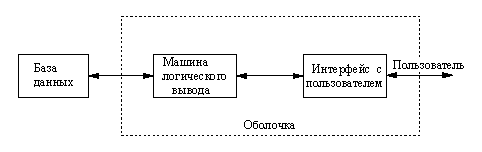
(1)  база знаний,

(2) машина логического вывода,

(3)  интерфейс с пользователем.

База знаний содержит знания, относящиеся к конкретной прикладной области, в том числе отдельные факты, правила, описывающие отношения или явления, а также, возможно, методы, эвристики и различные идеи, относящиеся к решению задач в этой прикладной области. Машина логического вывода умеет активно использовать информацию, содержащуюся в базе знаний. Интерфейс с пользователем отвечает за бесперебойный обмен информацией между пользователем и системой; он также дает пользователю возможность наблюдать за процессом решения задач, протекающим в машине логического вывода. Принято рассматривать машину вывода и интерфейс как один крупный модуль, обычно называемый оболочкой экспертной системы, или, для краткости, просто оболочкой [8, c. 73]*.*

В описанной выше структуре собственно знания отделены от алгоритмов, использующих эти знания.



**Рис. 1**  Структура экспертной системы

Такое разделение удобно по следующим соображениям. База знаний, очевидно, зависит от конкретного приложения. С другой стороны, оболочка, по крайней мере в принципе, независима от приложений. Таким образом, разумный способ разработки экспертной системы для нескольких приложений сводится к созданию универсальной оболочки, после чего для каждого приложения достаточно подключить к системе новую базу знаний. Разумеется, все эти базы знаний должны удовлетворять одному и тому же формализму, который оболочка "понимает". Практический опыт показывает, что для сложных экспертных систем наш сценарий с одной оболочкой и многими базами знаний работает не так гладко, как бы этого хотелось, за исключением тех случаев, когда прикладные области очень близки. Тем не менее даже если переход от одной прикладной области к другой требует модификации оболочки, то по крайней мере основные принципы ее построения обычно удается сохранить.

Экспертная система отличается от прочих прикладных программ наличием следующих признаков [11, c. 62]:

#### Моделирует не столько физическую (или иную) природу определенной проблемной области, сколько *механизм мышления человека* применительно к решению задач в этой проблемной области. Это существенно отличает экспертные системы от систем математического моделирования или компьютерной анимации. Нельзя, конечно, сказать, что программа полностью воспроизводит психологическую модель специалиста в этой предметной области (эксперта), но важно, что основное внимание все-таки уделяется воспроизведению компьютерными средствами методики решения проблем, которая применяется экспертом, -т.е. выполнению некоторой части задач так же (или даже лучше), как это делает эксперт.

#### Система, помимо выполнения вычислительных операций, формирует определенные *соображения и выводы, основываясь на тех знаниях,* которыми она располагает. Знания в системе представлены, как правило, на некотором специальном языке и хранятся отдельно от собственно программного кода, который и формирует выводы и соображения. Этот компонент программы принято называть *базой знаний.*

#### При решении задач основными являются *эвристические и приближенные методы,* которые, в отличие от алгоритмических, не всегда гарантируют успех. Эвристика, по существу, является *правилом влияния,* которое в машинном виде представляет некоторое знание, приобретенное человеком по мере накопления практического опыта решения аналогичных проблем. Такие методы являются *приблизительными* в том смысле, что, во-первых, они не требуют исчерпывающей исходной информации, и, во-вторых, существует определенная степень уверенности (или неуверенности) в том, что предлагаемое решение является верным.

Экспертные системы отличаются и от других видов программ из области искусственного интеллекта.

#### Экспертные системы имеют дело с предметами *реального мира,* операции с которыми обычно требуют наличия значительного опыта, накопленного человеком. Множество программ из области искусственного интеллекта являются сугубо исследовательскими и основное внимание в них уделяется абстрактным математическим проблемам или упрощенным вариантам реальных проблем (иногда их называют "игрушечными" проблемами), а целью выполнения такой программы является "повышение уровня интуиции" или отработка методики. Экспертные системы имеют ярко выраженную практическую направленность в научной или коммерческой области.

#### Одной из основных характеристик экспертной системы является ее *производительность,* т.е. скорость получения результата и его достоверность (надежность). Исследовательские программы искусственного интеллекта могут и не быть очень быстрыми, можно примириться и с существованием в них отказов в отдельных ситуациях, поскольку, в конце концов, — это инструмент исследования, а не программный продукт. А вот экспертная система должна за приемлемое время найти решение, которое было бы не хуже, чем то, которое может предложить специалист в этой предметной области.

#### Экспертная система должна обладать способностью *объяснить,* почему предложено именно такое решение, и *доказать его обоснованность.* Пользователь должен получить всю информацию, необходимую ему для того, чтобы быть уверенным, что решение принято "не с потолка". В отличие от этого, исследовательские программы "общаются" только со своим создателем, который и так (скорее всего) знает, на чем основывается ее результат. Экспертная система проектируется в расчете на взаимодействие с разными пользователями, для которых ее работа должна быть, по возможности, прозрачной.

**1.4** **Области применения экспертных систем**

Области применения систем, основанных на знаниях, могут быть сгруппированы в несколько основных классов: медицинская диагностика, контроль и управление, диагностика неисправностей в механических и электрических устройствах [12, c. 84]:

а) Медицинская диагностика.

Диагностические системы используются для установления связи между нарушениями деятельности организма и их возможными причинами. Наиболее известна диагностическая система MYCIN, которая предназначена для диагностики и наблюдения за состоянием больного при менингите и бактериальных инфекциях. Ее первая версия была разработана в Стенфордском университете в середине 70-х годов. В настоящее время эта система ставит диагноз на уровне врача-специалиста. Она имеет расширенную базу знаний, благодаря чему может применяться и в других областях медицины.

б) Прогнозирование.

Прогнозирующие системы предсказывают возможные результаты или события на основе данных о текущем состоянии объекта. Программная система “Завоевание Уолл-стрита” может проанализировать конъюнктуру рынка и с помощью статистических методов алгоритмов разработать для вас план капиталовложений на перспективу. Она не относится к числу систем, основанных на знаниях, поскольку использует процедуры и алгоритмы традиционного программирования. Хотя пока еще отсутствуют ЭС, которые способны за счет своей информации о конъюнктуре рынка помочь вам увеличить капитал, прогнозирующие системы уже сегодня могут предсказывать погоду, урожайность и поток пассажиров. Даже на персональном компьютере, установив простую систему, основанную на знаниях, вы можете получить местный прогноз погоды.

в) Планирование.

Планирующие системы предназначены для достижения конкретных целей при решении задач с большим числом переменных. Дамасская фирма Informat впервые в торговой практике предоставляет в распоряжении покупателей 13 рабочих станций, установленных в холле своего офиса, на которых проводятся бесплатные 15-минутные консультации с целью помочь покупателям выбрать компьютер, в наибольшей степени отвечающий их потребностям и бюджету. Кроме того, компания Boeing применяет ЭС для проектирования космических станций, а также для выявления причин отказов самолетных двигателей и ремонта вертолетов. Экспертная система XCON, созданная фирмой DEC, служит для определения или изменения конфигурации компьютерных систем типа VAX и в соответствии с требованиями покупателя. Фирма DEC разрабатывает более мощную систему XSEL, включающую базу знаний системы XCON, с целью оказания помощи покупателям при выборе вычислительных систем с нужной конфигурацией. В отличие от XCON система XSEL является интерактивной.

г) Интерпретация.

Интерпретирующие системы обладают способностью получать определенные заключения на основе результатов наблюдения. Система PROSPECTOR, одна из наиболее известных систем интерпретирующего типа, объединяет знания девяти экспертов. Используя сочетания девяти методов экспертизы, системе удалось обнаружить залежи руды стоимостью в миллион долларов, причем наличие этих залежей не предполагал ни один из девяти экспертов. Другая интерпретирующая система- HASP/SIAP. Она определяет местоположение и типы судов в тихом океане по данным акустических систем слежения.

д) Контроль и управление.

Системы, основанные на знаниях, могут применятся в качестве интеллектуальных систем контроля и принимать решения, анализируя данные, поступающие от нескольких источников. Такие системы уже работают на атомных электростанциях, управляют воздушным движением и осуществляют медицинский контроль. Они могут быть также полезны при регулировании финансовой деятельности предприятия и оказывать помощь при выработке решений в критических ситуациях.

е) Диагностика неисправностей в механических и электрических устройствах.

В этой сфере системы, основанные на знаниях, незаменимы как при ремонте механических и электрических машин (автомобилей, дизельных локомотивов и т.д.), так и при устранении неисправностей и ошибок в аппаратном и программном обеспечении компьютеров.

**Глава 2. Экспертные системы при моделировании процессов**

**в техносфере**

**2.1 Понятие техносферы**

Масштабы созданной человечеством материальной культуры поистине огромны. И темпы ее развития постоянно увеличиваются в геометрической прогрессии. В наши дни так называемая техномасса (т.е. все, созданное человеком за год) уже на порядок превышает биомассу (вес диких живых организмов), соответственно 1013 т/год и 1012 т/год. Это тревожный сигнал о необходимости вдумчивого отношения к балансу составляющих системы «природа — биосфера — человек» [14, c. 124].

Уровень воздействия человека на окружающую среду во многом определяется степенью технической вооруженности общества. Она была крайне мала на начальных этапах развития человечества. Однако в дальнейшем, с ростом его производительных сил, ситуация начала меняться кардинальным образом. XX столетие — век научно-технического прогресса. Связанный с качественно новым взаимоотношением науки, техники и технологии, он колоссально увеличил масштабы воздействия общества на природу и поставил перед человечеством целый ряд новых, чрезвычайно острых проблем.

Изучение влияния техники на биосферу и природу в целом нуждается не только в прикладном, но и в глубоком теоретическом осмыслении. Техника все менее остается только вспомогательной силой для человека, все больше проявляется ее автономность (автоматические линии, роботы, межпланетные станции, сложнейшие компьютерные самоналаживающиеся системы).

Понятие «совокупность техники и технических систем» лишь начинает обретать право на существование в науке. По аналогии с «живым веществом», лежащим в основе биосферы, мы можем говорить о техновеществе как совокупности всех существующих технических устройств и систем (своеобразных техноценозов).

Структура техновещества рассматривается сегодня с разных точек зрения. Так, в одном случае классификация ее структуры производится точно по аналогии со структурой и взаимодействием составляющих живого вещества (Р.К. Баландин, Л.Г. Бондарев). И в ее состав включают: во-первых, технические устройства, добывающие полезные ископаемые и вырабатывающие энергию, подобно зеленым растениям в биосфере; во-вторых, технический блок по переработке полученного сырья и производству средств производства; в-третьих, технику, производящую средства потребления; в-четвертых, технические системы по передаче, использованию и хранению средств информации. В особый блок выделяют автономные многофункциональные системы (роботы, автоматические межпланетные станции и др.). В последнее время появляются также техносистемы по переработке и утилизации отходов, включению их в непрерывный цикл безотходной технологии. Это своего рода «технические санитары», действующие аналогично биологическим, природным подсистемам. Таким образом, структура техновещества (как союкупность отдельных технических устройств и целых подсистем-техноценозов) все больше воспроизводит аналогичную организацию естественных природных живых систем.

Другой подход в понимании структуры и роли техновещества предлагает швейцарский экономист и географ Г. Беш. Он выделяет в мировом хозяйстве три крупнейшие отрасли: первичную (добыча природных ресурсов), вторичную (обработка добытой продукции), третичную (обслуживание производства: наука, управление) [15, c. 92].

По силе своего воздействия на планету техновещество в виде системы техноценозов уже в состоянии как минимум на равных спорить с живым веществом. Развитие техники со всей очевидностью требует просчета оптимальных вариантов взаимодействия составных подсистем техновещества и последствий их влияния на природу, и в первую очередь на биосферу.

В результате преобразования человеком естественной среды обитания можно говорить уже о реальном существовании нового ее состояния — о техносфере. Техносфера есть совокупность технических устройств и систем вместе с областью технической деятельности человека. Ее структура достаточно сложна, так как включает техногенное вещество, технические системы, живое вещество, верхнюю часть земной коры, атмосферу, гидросферу. Более того, с началом эры космических полетов техносфера вышла далеко за пределы биосферы и охватывает уже околоземный космос.

Нет смысла современному человеку подробно говорить о роли и значении техносферы в жизни общества и природы. Техносфера все больше преобразует природу, изменяя прежние и создавая новые ландшафты, активно влияя на все другие сферы и оболочки Земли, и в первую очередь на биосферу [4, c. 82].

Отмечая важнейшее значение техники в жизни человека, нельзя не остановиться на постоянно обостряющейся проблеме необходимости гуманизации техносферы. До последнего времени наука и техника были нацелены главным образом на максимальную эксплуатацию природных ресурсов, удовлетворение нужд человека и общества любой ценой. Последствия непродуманного, некомплексного и, как следствие, антигуманного воздействия на природу удручают. Технические ландшафты из отходов производства, уничтожение признаков жизни в целых регионах, загнанная в резервации природа — реальные плоды отрицательного влияния человека, вооруженного техникой, на окружающую среду. Все это является также следствием недостаточного взаимодействия естественных и общественных наук в осмыслении данной проблемы.

**2.2 Экспертные системы при моделировании процессов**

В течение последнего десятилетия большое количество работ в области имитационного моделирования посвящено объединению технологий моделирования и искусственного интеллекта (точнее, его прикладного направления, связанного с разработкой систем, основанных на знаниях). Результатом такого объединения являются системы имитационного моделирования, основанные на знаниях. Эти системы заключают в себе знания, необходимые для квалифицированного проведения исследований по имитационному моделированию объектов соответствующих классов. Тем самым значительно расширяются границы применимости методов имитационного моделирования: от пользователей подобных систем уже не требуется специальных знаний в области программирования и имитационного моделирования.

Интеллектуальные функции в этих системах реализуются, как правило, с помощью технологии экспертных систем. Это приводит к появлению экспертных систем имитационного моделирования (ЭСИМ). Основные результаты указанного обзора состоят в следующем [16, c. 85]:

1. ЭС и системы имитационного моделирования (СИМ) имеют ряд сходных методологических свойств, что дает принципиальную возможность их совместного использования; а некоторые отличия, при сущие этим системам делают их объединение желательным.

2.  Экспертные системы дают возможность решать задачи имитационного моделирования с помощью новой технологии: инженерии знаний. Однако и эта технология имеет определенные ограничения, которые должны учитываться при анализе возможности и целесообразности со здания конкретных ЭСИМ.

3. Технология ЭСИМ позволяет автоматизировать процесс имитационного моделирования.

4.  Существует множество подходов к объединению ЭС и СИМ. В частности, различают их следующие комбинации [9, c. 74]:

-     гибридные системы, в которых ЭС используется как интеллектуальный интерфейс между пользователем и уже существующим программным обеспечением имитационного моделирования;

-     советующие системы, в которых ЭС выполняет функции консультанта;

-     новые системы, в которых технология ЭС изменяет сам принцип построения СИМ;

5.  Основными принципами (парадигмами) построения ЭСИМ являются [9, c. 76]:

-     объектно-ориентированное программирование;

-     программирование, основанное на правилах;

-     логическое программирование;

-     комбинирование различных принципов программирования.

Существуют всевозможные средства построения ЭСИМ, основанные на указанных принципах.

6.   Известно большое количество реализаций ЭСИМ.

Большинство из существующих проблемно-ориентированных ЭСИМ разработано для моделирования производственных систем.

Разрабатывая экспертную систему имитационного моделирования производственных процессов (ЭСМП), авторы взяли за основу следующие принципы.

1. Программное обеспечение имитационно го моделирования и интерфейс должны быть удобным для пользователя, не имеющего предварительной специальной подготовки в этой области. Поэтому при создании интерфейса следует исходить из концепций, используемых инженерами в их повседневной работе.

2.  Принятие всех решений в области имитационного моделирования (например, при создании модели, при планировании имитационных экспериментов, при анализе их результатов) должно быть максимально автоматизировано. В то же время пользователь должен иметь возможность отслеживать принимаемые системой решения и, если посчитает нужным, корректировать их.

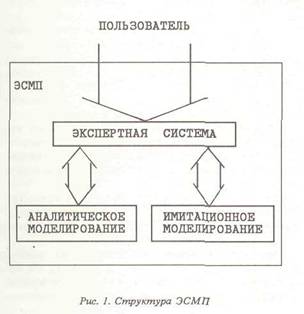
3.  Средства имитационного моделирования должны быть интеллектуальными. Они должны допускать, с одной стороны, максимально возможное включение требуемых знаний и опыта в программное обеспечение моделирования, с другой стороны, использование методов обработки знаний для манипуляций с ними.

4.  Для снижения общего объема вычислений желательно организовать процесс моделирования в два этапа. При этом вначале с помощью аналитических методов проводится предварительный, упрощенный анализ, а затем его результаты уточняются с помощью собственно имитационного моделирования.

5.  Полезно иметь непосредственную связь моделирующей системы с объектом моделирования, например для сбора исходной информации.

6. Желательно иметь возможность наглядного графического обеспечения имитационной системы (например анимации, т.е. "оживления", имитационных экспериментов).

На рис. 2 представлена структура описываемой ЭСИМ производственных процессов [4, c. 58].



**Рис. 1 Структура ЭСИМ**

В ЭСМП используются методы аналитического и имитационного моделирования, интервальный анализ и методы теории оптимизации. Она позволяет проводить [11, c. 73]:

- аналитический экспресс-анализ процесса с целью исследования возможности выполнения производственной программы и для оценивания необходимого количества технологических и транспортных единиц (оценки могут быть получены также в виде интервалов значений, уточняемых в дальнейшем с помощью имитационного моделирования);

- имитационное моделирование процесса, которое в зависимости от сформулированной пользователем цели исследования дает возможность анализировать процесс (оценивать производительность, коэффициенты использования оборудования и т.д.); сравнивать различные варианты организации процесса; оптимизировать процесс.

Сочетание различных подходов к архитектуре ЭСИМ:

-  использование экспертной системы в качестве интеллектуального посредника ("an Intelli gent Front End"), осуществляющего интерфейс пользователя с системой моделирования и генерирующего моделирующую программу;

- использование экспертной системы в качестве советчика, дающего пользователю рекомендации по осуществлению различных этапов имитационной процедуры (например, при стратегическом планировании имитационных экспериментов).

Использование алгоритмического языка имитационного моделирования SIMAN.

Этот язык широко используется в современных работах по имитационному моделированию производственных систем. Его структура удобна для совместного использования с экспертными системами.

В процессе аналитического моделирования производственный процесс рассматривается в статике. При этом выполняется его быстрый, приближенный анализ. Тем самым упрощается решение задач, подлежащих рассмотрению на этапе имитационного моделирования: отсеиваются явно неэффективные варианты организации производственного процесса, строятся интервалы возможных значений его оптимизируемых параметров и т.д.

Аналитическая часть реализована с помощью алгоритмического языка С. Она содержит аналитические выражения, описывающие взаимосвязи между основными компонентами и характеристиками производственных процессов.

Исходными данными для аналитического моделирования служат данные об осуществляемой производственным процессом технологии (например технологические маршруты обрабатываемых деталей, длительности обработки), а также данные о технологическом оборудовании, транспортной и инструментальной подсистемах.

Выходными данными аналитического моделирования являются: коэффиценты использования и длительности простоя технологических и транспортных устройств, требуемое количество паллет и инструмента, требуемые емкости инструментальных барабанов.

В случае, если конечной целью моделирования является анализ производственного процесса, эти данные дают информацию о возможностях выполнения производственной программы и об использовании оборудования.

Если же конечной целью моделирования является синтез производственного процесса, то необходимо определить условия, обеспечивающие достижение его требуемых характеристик. В этом случае вычисления организуются итеративно: на каждой итерации изменяется число единиц оборудования, анализируются результаты аналитического моделирования и принимается решение о следующем шаге итерационной процедуры.

Экспертная часть ЭСМЛ организует диалог системы с пользователем, "ведет" его по этапам процедуры моделирования, помогает выбрать и реализует наилучшие методы решения возникающих в процессе моделирования подзадач. Например, на этапе имитационного моделирования экспертная часть выполняет следующие функции [8, c. 62]:

-    запрашивает пользователя о цели моделирования;

-    помогает пользователю аппроксимировать закон распределения экспериментально наблюдаемых входных величин (при этом можно использовать десять наиболее распространенных распределений: экспоненциальное, Эрланга, равномерное, треугольное, нормальное, логнормальное, гамма, бета, Пуассона, Вейбулла);

-    генерирует текст моделирующей программы на языке SIMAN;

-    организует стратегическое планирование имитационных экспериментов;

-    организует тактическое планирование имитационных экспериментов;

-    выполняет прогоны моделирующей программы;

-    обрабатывает выходные данные;

-    помогает пользователю анализировать результаты моделирования;

-    корректирует тактический и/или стратегический план имитационных экспериментов и т.д.

В то же время пользователь имеет возможность самостоятельно выполнять ряд операций, Например, автоматическая генерация программы моделирования предусмотрена для производственных процессов, принадлежащих определенному классу. Если же исследуемый процесс не принадлежит этому классу, пользователь должен самостоятельно подготовить моделирующую программу. При этом экспертная часть будет консультировать его по вопросам программирования на языке SIMAN.

Фактически экспертная часть выполняет следующие интеллектуальные функции [1, c. 66]:

-    действует в качестве интеллектуального интерфейса между пользователем и соответствующими программными средствами (например генерирует и прогоняет моделирующую программу);

-    действует в качестве советчика при принятии пользователем решений в процессе моделирования (например, при статистическом анализе входных и выходных данных).

Экспертная часть реализована на основе оболочки экспертных систем EXSYS. Ее база знаний содержит знания о процедуре имитационного моделирования производственных процессов (рис. 3) и о программировании на " языке SIMAN. Благодаря этому ЭСМП может использоваться неспециалистами в области имитационного моделирования и программирования [10, c. 65].

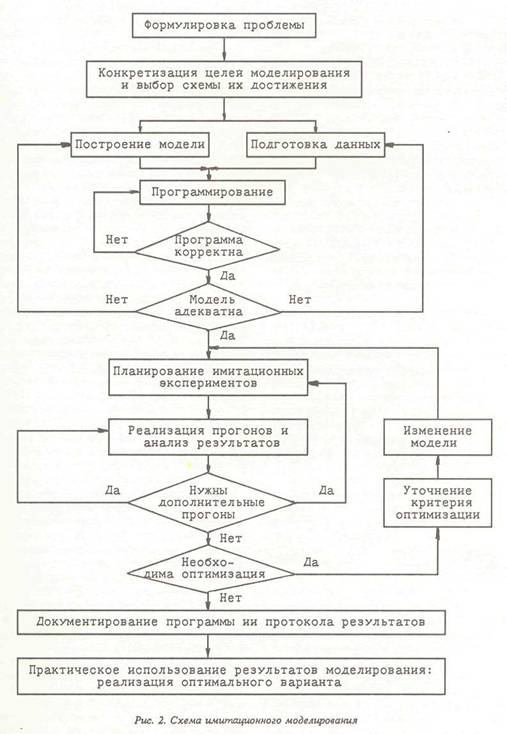


Рис. 3. Схема имитационного моделирования

Остановимся на использовании процессо-ориентированной стратегии, широко применяемой при моделировании производственных систем. В этом случае имитационная модель состоит из двух частей: модельной (описания собственно модели объекта исследования) и экспериментной (описания условий экспериментирования).

Модельная часть определяет статические и динамические характеристики имитационной модели. Экспериментная часть определяет условия и характер проведения имитационных экспериментов. Для одной и той же модельной части может использоваться множество различных вариантов экспериментной части, производящих соответствующее множество наборов выходных данных. Такое разделение модели и условий экспериментирования с ней дает возможность простой организации имитационных экспериментов для одной и той же модели. Кроме того, оно весьма удобно с позиции создания пакетов имитационного моделирования с автоматизацией функций построения модели и организации имитационного эксперимента.

Отлаживание имитационной модели на языке SIMAN может осуществляться с помощью отладочного средства Interactive Debugger, позволяющего вносить изменения в модель в процессе ее прогона.

При использовании процессо-ориентированного подхода к моделированию дискретных систем модель на языке SIMAN строится в виде блок-диаграмы, представляющей собой граф, который описывает прохождение динамических элементов, аналогичных транзактам в языке GPSS, через моделирующую систему [5, c. 79].

Блок-диаграмма строится как последовательность блоков, выполняющих различные операции над проходящими через них динамическими элементами.

Кроме традиционных блоков, аналогичных используемым в языках GPSS и SLAM, язык SIMAN имеет специальные средства для моделирования дискретных производственных систем (в частности, гибких производственных систем). При этом используются блоки, позволяющие моделировать характерные для дискретных производств процессы [8, c. 71]:

-     работу отдельных обрабатывающих центров;

-     работу эквивалентных обрабатывающих цент ров;

-     движение обрабатываемых деталей по технологическим маршрутам;

-     отказы и восстановление работоспособности обрабатывающих центров;

-     транспортные процессы (как дискретного типа, так и конвейерного типа).

Для обработки результатов моделирования и связи с внешними программными системами в языке SIMAN используется специальное программное средство Output Processor. Это средство позволяет выполнить следующие манипуляции над выходными (т.е. получающимися в результате моделирования) и входными (т.е. получаемыми от внешних программных систем) файлами данных [13, c. 50]:

-    построить график наблюдений;

-    построить гистограмму наблюдений;

-    построить таблицу наблюдений;

-    построить корреляционную функцию наблюдений;

-    отфильтровать наблюдения (отсечь переходный период, разбить оставшиеся наблюдения на временные серии заданной длины и рассчитать для каждой серии среднее значение наблюдений);

-    построить доверительный интервал для математического ожидания наблюдений;

-    сравнить средние значения из двух файлов наблюдений (построить доверительный интервал для их разности);

-    сравнить средние значения из нескольких файлов наблюдений (по методам Тьюки, Шеффе, Бонферрони);

-    построить доверительный интервал для дисперсии наблюдений;

-    сравнить дисперсии двух файлов наблюдений (построить доверительный интервал для их отношения);

-    сгладить наблюдения (рассчитать их накопленное или скользящее среднее значение) и выполнить экспоненциально сглаженный прогноз;

-     подготовить файлы для обработки внешними программными средствами в различных форматах (DIF, ASCII, TEKTRONIX EZPLOT);

-     подготовить для обработки средствами языка SIMAN файлы, полученные от внешних программных средств в формате ASCII.

Таким образом, при статистическом анализе результатов моделирования можно либо воспользоваться стандартными средствами языка SIMAN, либо обработать результаты моделирования по произвольной методике внешними программными средствами.

Для повышения наглядности процесса имитационного моделирования, для облегчения анализа возможностей возникновения в моделируемой системе "узких мест" при моделировании на языке SIMAN можно воспользоваться анимацией ("оживлением") имитационного эксперимента с помощью пакета CINEMA. При этом на экране дисплея в выбранном временном и пространственном масштабе графически воспроизводится ход имитационного эксперимента.

В настоящее время реализован исследовательский вариант описанной ЭСМП. Он включает в себя аналитическую часть и выполняет ряд функций экспертной части.

**Заключение**

Итак, С 70-х годов ЭС стали ведущим направлением в области искусственного интеллекта. При их разработке нашли применение методы ИИ, разработанные ранее: методы представления знаний, логического вывода, эвристического поиска, распознавания предложений на естественном языке и др. Можно утверждать, что именно ЭС позволили получить очень большой коммерческий эффект от применяя таких мощных методов. В этом - их особая роль.

Для разработки ЭС необходимо участие в ней особого рода специалистов, обладающих указанной совокупностью знаний и выполняющих функции “посредников” между экспертами в предметной области и компьютерными (экспертными) системами. Они получили название инженеры знаний (в оригинале - knowledge engineers), а сам процесс разработки ЭС и других интеллектуальных программ, основанных на представлении и обработке знаний - инженерией знаний (knowledge engineering). В развитых зарубежных странах специальность “инженер знаний” введена во многих вузах, в нашей стране основы инженерии знаний изучаются пока в рамках специализаций по системному программированию. Функции эксперта и инженера знаний редко совмещаются в одном лице. Чаще функции инженера знаний выполняет разработчик ЭС. Как показал опыт многих разработок, для первоначального приобретения знаний, в которых участвуют эксперты, инженеры знаний и разработчики ЭС, требуется активная работа всех трех категорий специалистов. Она может длиться от нескольких недель до нескольких месяцев.

Объединение всех видов программных продуктов и их отдельных компонентов в единую ЭС признано экономически выгодным, так как прменение ЭС позволяет существенно сократить расходы на подготовку квалифицированного персонала, дальнейшую проверку работоспособности и надежности разрабатываемых и исследовательских систем, а также уменьшить время проектирования и(или) исследования.

Объектная технология, на основе которой могут создаваться и развиваться современные ЭС - значительный шаг вперед по сравнению с CASE- средствами, так как она похожа на наше восприятие окружающей действительности. Наше представление о моделировании меняется, то же самое происходит и с объектами, поэтому сопровождение программируемых объектов может выполняться аналогично приспособлению наших умозрительных образов к изменению окружающих условий. Данная технология прекрасно подходит аналитикам и программистам, так как очень напоминает стратегию решения проблем и соответствует мыслительным процессам людей, считающихся экспертами в своей области.

**Список литературы**

1. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. - СПб: Питер, 2000. – 245 с.

2. Белов П. Г. Моделирование процессов в техносфере / П. Г. Белов. – М.: Москва: Издательство Академии гражданской защиты МЧС РФ, 2006. - 124 с.

3. Варламов О. О. Системный анализ и синтез моделей данных и методы обработки информации в самоорганизующихся комплексах оперативной диагностики / О. О. Варламов. – М.: 2003. – 128 с.

4. Гаскаров Д. Б. Интеллектуальные информационные системы / Д. Б. Гаскаров. – М.: Высшая школа, 2003. – 267 с.

5. Джексон П. Введение в экспертные системы. - М.: Изд. дом "Вильямс", 2006. – 238 с.

6. Искусственный интеллект - основа новой информационной технологии / Поспелов Г.С. - М.: Наука, 2005. – 244 с.

7. Корнилов Г. И. Основы теории систем и системного анализа / Г. И. Корнилов. – М.: Высшая школа, 2005. – 263 с.

8. Люгер Джордж Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Джордж Ф. Люгер. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. – 189 с.

9. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему / К. Нейлор. - М.: Энергоатомиздат, 2004. – 238 с.

10. Попов Э.В. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ / Э.В. Попов. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 2006. – 253 с.

11. Сафонов В. О. Экспертные системы - интеллектуальные помощники специалистов / В. О. Сафонов. - СПб: Санкт-Петербургская организация общества “Знания”, 2005. – 257 с.

12. Симоненко О.Д. Техносфера: взгляд извне / О.Д. Симоненко. – М.: Изд. “Техносфера” 2004. - 168 с.

13. Статические и динамические экспертные системы / Э.В. Попов, И.Б. Фоминых, Е.Б. Кисель, М.Д. Шапот. - М.: Финансы и статистика, 2004. – 234 с.

14. Таунсенд К., Фохт Д. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ / К. Таунсенд, Д. Фохт. - М.: Финансы и статистика, 2005. – М.: Наука, 2005. – 238 с.

15. Убейко В. Н. Экспертные системы / В. Н. Убейко. - М.: МАИ, 2005. – 248 с.

16. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам / Д. Уотермен. - М.: Мир, 2006. – 273 с.

17. Элти Д., Кумбс М. Экспертные системы: концепции и примеры / Д. Элти, М. Кумбс. - М.: Финансы и статистика, 2006. – 236 с.