

**НАСЫРЫМБЕКОВА П. К., БАТЫРКАНОВ Ж. И.**  
**ВЫБОР МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ**  
**ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЭКСПЕРТНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ**

**Аннотация.** Проведен критический анализ существующих моделей представления знаний. Показаны области эффективного применения рассматриваемых моделей. Продемонстрирован пример построения обучающей экспертной системы для курса «Теория автоматического управления» с выбором комбинационной, а именно семантико-фреймовой модели представления знаний. Приведены фрагменты применения разработанной экспертной обучающей системы по этому курсу.

**Ключевые слова:** экспертная обучающая система, база знаний, машина вывода, модуль извлечения знаний, модуль обучения, система объяснений, модуль тестирования, фрейм, слоты, семантико-фреймовая модель.

**NASYRYMBEKOVA P. K., BATYRKANOV ZH. I.**  
**CHOOSING A KNOWLEDGE REPRESENTATION MODEL**  
**WHEN DEVELOPING AN EXPERT TRAINING SYSTEM**

**Abstract.** A critical analysis of the current models of knowledge representation is carried out. The areas of effective application of the considered models of knowledge representation are shown. To develop a training expert system for studying the course “Theory of Automatic Control”, a combined model was chosen, namely, the semantic-frame model of knowledge representation. The fragments of the developed expert training system for studying the course “Theory of Automatic Control” are presented.

**Keywords:** expert training system, knowledge base, output machine, module for knowledge extraction, learning module, system of explanation, testing module, frame, slots, semantic-frame model.

Экспертная обучающая система (ЭОС) строится на основе знаний экспертов предметных областей (ученых, преподавателей, методистов, психологов). В настоящее время она обычно реализуется в форме компьютерной программы, которая контролирует и осуществляет процесс обучения. Назначение такой системы состоит в том, что она, с одной стороны, помогает учащимся самостоятельно обучаться, а с другой – преподавателям обучать и контролировать учащихся [1].

Как правило, выделяются следующие основные компоненты ЭОС:

1. база знаний;
2. модуль обучений;
3. модуль извлечения знаний;
4. модуль тестирования;
5. машина вывода;
6. система объяснений.

При разработке экспертной системы очень важно выбрать эффективную модель представления знаний. К настоящему времени существуют следующие модели представления знаний: семантическая; продукционная; фреймовая; логико-предикатная, а также их комбинации.

Экспертная система состоит из:

- решателя (интерпретатора), который обеспечивает последовательность реализации правил для решений конкретной задачи на основе правил и фактов, хранящихся в базе знаний и в базе данных;
- базы данных и знаний, которая состоит из фактов и правил изученной предметной области, также в ней хранятся константы, справочные материалы и промежуточные данные;
- подсистемы объяснений, которая позволяет пользователю получить ответ на вопрос: «Почему система принимает такое решение?»;
- интеллектуального редактора базы знаний, который предназначен как для модификации имеющихся правил, так и добавления в базу знаний новых;
- интерфейса пользователя, комплекса программ, который получает результаты и реализует диалог пользователя с системой на стадии ввода информации.

При этом структура экспертной системы представляется следующим образом (рис. 1).

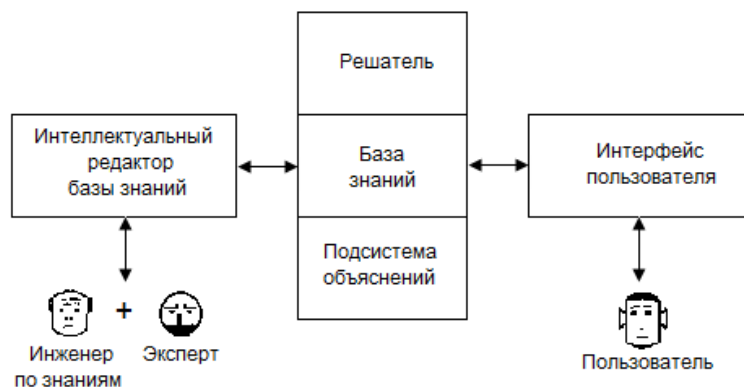


Рис. 1. Структура экспертной системы.

Одной из наиболее важных проблем, характерных для систем, основанных на знаниях, является проблема представления знаний [5]. Для того, чтобы манипулировать всевозможными знаниями из реального мира с помощью компьютера, необходимо осуществить их моделирование. В таких случаях необходимо отличать знания, предназначенные для обработки компьютером, от знаний, используемых человеком. При большом объеме знаний надо упрощать последовательные отдельные элементы управления знаниями.

При проектировании моделей представления знаний надо учитывать такие факторы, как простота понимания и однородность представлений. Однородные представления приводят к упрощению управления знаниями и упрощению механизма управления логическими выводами. Представление знаний должно быть понятно и пользователю системы, и эксперту. В противном случае приобретение знаний и проведение их оценки затруднится. Можно выделить следующие типичные модели представления знаний:

- модель, которая основана на использовании фреймов;
- логическая модель;
- модель, которая основана на использовании правил (продукционная модель);
- модель семантической сети [2].

Язык представления знаний, основанных на фреймовой модели, эффективен для структурного описания сложных понятий и решения задач, в которых, в соответствии с ситуацией, желательно применять различные способы вывода. В то же время на таком языке затрудняется управление завершенностью и постоянством целостного образа. В частности, по этой причине существует опасность нарушения присоединенной процедуры, проблема заикливания процесса вывода.

Логические модели будут использоваться для выведения заключения с помощью силлогизма и представления знания в системе логики предикатов первого порядка.

Человеческая логика – это интеллектуальная модель с нечеткой структурой. В модели правил знания представлены совокупностью правил вида «ЕСЛИ – ТО». Продукционной системой называется система с базами знаний, основанная на этой модели. Эти системы бывают двух типов – с прямым и обратным выводом.

В продукционной системе с обратным выводом строится дерево с помощью правил *И/ИЛИ*, связывающее в единые целые факты и заключения, оценка этого дерева на основе факта, имеющая в базе данных, и есть логический вывод. Логические выводы бывают прямые, обратные и двунаправленные [3]. Для прямых выводов отправной точкой является процесс оценки, предоставленные данные приостанавливаются на отрицательных узлах, а

гипотезы, соответствующие наивысшему уровню дерева (корню), используются в качестве выводов (если не все дерево было пройдено). Однако для таких выводов характерно дерево, а также большие объемы данных, которые не имеют прямого отношения к выводам, которые излишни. Преимуществом обратного вывода является то, что оценивается только та часть дерева, которая имеет отношение к заключению, если отрицания или утверждения невозможны, то порождения дерева лишают смысл. В двунаправленных выводах сначала запрашиваются данные, которые необходимы для принятия решений о пригодности данной гипотезы, а затем оцениваются небольшие объемы полученных данных и выбираются гипотезы (по примеру прямого вывода). На основе этих выводов можно реализовывать более гибкие и мощные системы.

Продукционная система включает три компонента: интерпретатор для получения логического вывода, база правил, состоящая из набора продукций (правил вывода), база данных, содержащая множество фактов. Выводы выполняются в виде цикла «понимание–выполнение», т. к. каждый цикл, обновляет базу данных, которая будет выполнять часть выбранных правил. В результате содержимое базы данных преобразуется от первоначального к целевому, т.е. целевая система синтезируется в базе данных. Для продукционной системы характерен цикл выбора и выполнения правил, т. к. из-за необходимого периодического сопоставления с образцом в базе правил с увеличением чисел правил скорость вывода существенно уменьшается. Следовательно, такие системы не годятся для решения крупномасштабных задач.

Упорядочим слабые и сильные стороны хорошо известных продукционных систем.

Сильные стороны: простота создания и понимания отдельных правил; простота пополнения и модификации; простота механизма логического вывода.

Слабые стороны: отличие от структуры человеческих знаний; взаимное отношение неясности правил; обработка крайне низкой эффективности; сложность оценки; логический ввод при отсутствии гибкости.

Таким образом, если объектом является небольшая задача, то выявляется только сильная сторона продукционной системы. В случае увеличения объема знаний, необходимо делать гибкие выводы или увеличивать скорость вывода, требуются структурированные знания и решение сложных задач. Тогда необходимо группировать знания и структурировать базу данных.

Фреймовая модель впервые предложена М. Минским [4]. В общем случае фрейм означает абстрактный образ понятия, объекта, явления и т. д. Информация, которая относится к фрейму, содержится в слоте (составляющей фрейма). Все фреймы органически

взаимосвязаны и объединяют декларативные и процедурные знания, и формируется единая фреймовая система.

Теория фреймов служит толчком для развития нескольких языков представления знаний, которые стали довольно распространенными языками благодаря своей гибкости и широким возможностям. Язык представления знаний, основанный на фреймовой модели, особенно эффективен для сложных концепций и структурных описаний решения проблем, в которых, в зависимости от ситуации, используются различные методы дедукции. В то же время на таком языке постоянство целостных образов и контроль полноты затруднены. В частности, по этой причине существуют присоединенные процедуры больших опасных нарушений. Надо отметить, что фреймовая система без механизма присоединенных процедур чаще всего используется как системы продукции базы данных.

Модель семантической сети – это модель представления знания на основе методов семантической сети. Семантическая сеть – это информационная модель предметной области, имеющая вид ориентированного графа, вершинам которого соответствуют объекты предметной области, а дуги задают отношения между ними. Объектами могут быть понятия, события, свойства, процессы. Таким образом, семантическая сеть является одним из способов представления знаний. В названии соединены термины из двух наук: «семантика» в языкознании изучает смысл единиц языка, а «сеть» в математике представляет собой разновидность графа – набора вершин, соединённых дугами (рёбрами), которым присвоено некоторое число. В семантической сети роль вершин выполняют понятия базы знаний, а дуги (причем направленные) задают отношения между ними. Таким образом, семантическая сеть отражает семантику предметной области в виде понятий и отношений.

Для экспертной обучающей системы для самостоятельного изучения предмета, например, такого как «Теория автоматического управления», эффективным является представление знаний в виде семантико-фреймовой модели. При этом понятия, категории, объекты представляются в виде фреймов, а связь между фреймами осуществляется в виде семантических отношений.

Например, понятие «система управления» в рамках данного предмета можно характеризовать следующим фреймом: система управления – название фрейма; слоты – объект управления; регулятор; адаптер и т.д.

Фрейм в этом случае представляется в виде:

Система управления <(Объект управления - инерционный); (регулятор - ПИ регулятор);

(адаптация-к параметрическим возмущениям);...>.

Семантическая связь устанавливается между фреймами в виде отношений типа: система устойчива; в системе отсутствует автоколебание и т.д.

Фрейм имеет структуру:

название фрейма <(Слот 1, значение); (Слот 2, значение); ... (Слот N, значение)>.

В некоторых случаях структуру фрейма представляют в виде:

**ИМЯ ФРЕЙМА:**

(имя 1-го слота; значение 1-го слота),

(имя 2-го слота; значение 2-го слота),

.....

(имя N-го слота; значение N-го слота).

В теории фреймов предусматривается наследование свойств. И во фреймах, и в семантических сетях наследование происходит по АКО – связям (А-kind-of=это). Слот АКО указывает на фрейм более высокого уровня.

*1-й фрейм*

*Система автоматического управления (САУ):*

*1-й слот:* САУ, это система управления без участия человека,

*2-й слот:* САУ, состоит из объекта управления и регулятора,

*3-й слот:* Объект управления, выходные величины – это управляемые величины,

*4-й слот:* Регулятор, это устройство, которое воздействует на объект

.....

*2-й фрейм*

*Устойчивость САУ:*

*1-й слот:* Устойчивость САУ, это необходимое условие работоспособности,

*2-й слот:* Устойчивость линейных САУ – исследуется при помощи критериев

устойчивости

.....

*3-й фрейм*

*Критерии устойчивости линейных систем*

*1-й слот:* Алгебраические критерии: критерий Гурвица, критерий Гаусса,

*2-й слот:* Частотные критерии: критерий Михайлова, критерий Найквиста

.....

4-й фрейм

Критерий Гурвица

1-й слот: Критерий Гурвица – это алгебраический критерий,

2-й слот: Критерий устойчивости по Гурвицу, заключается в положительности диагональных миноров матрицы, состоящих из коэффициентов характеристического полинома

.....

5-й фрейм

Характеристический полином

1-й слот: Характеристический полином определяется по передаточной функции системы, если передаточная функция представлена в виде правильной дроби  $B(P)/A(P)$ , то  $A(P)$  – характеристический полином.

Рассмотрим пример – фрагмент семантико-фреймовой модели представления знаний при изучении предмета «Теория автоматического управления» (рис. 2).

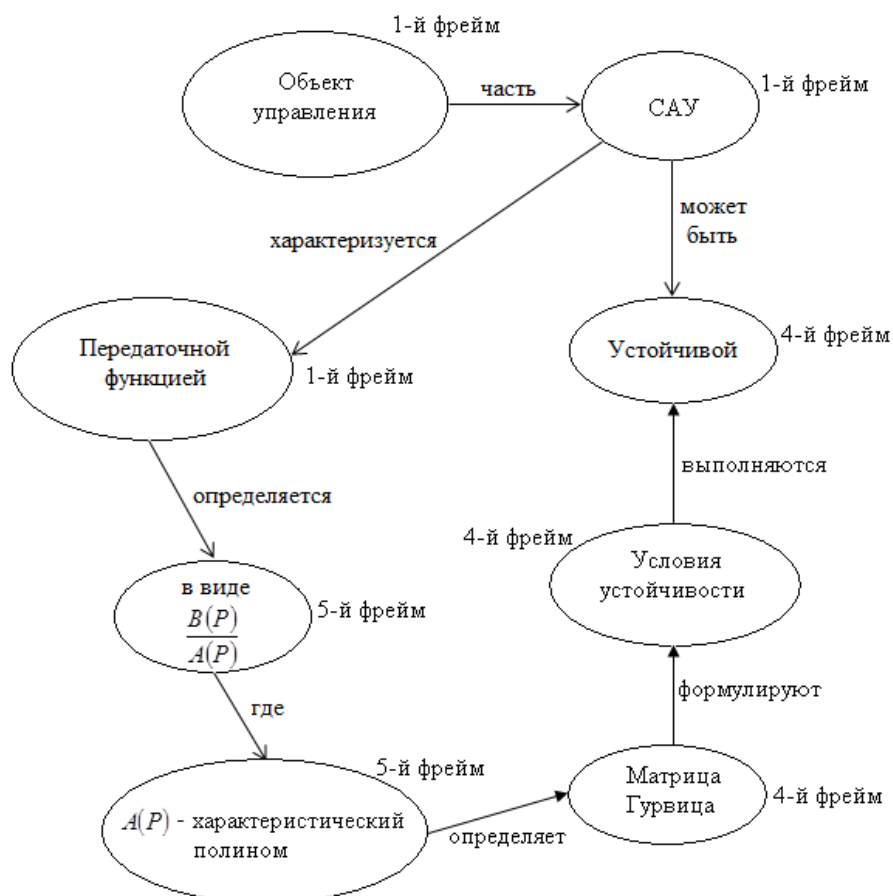


Рис. 2. Пример семантико-фреймовой модели представления знаний при изучении предмета «Теория автоматического управления».

Программная реализация модели была выполнена с использованием системы управления базами данных MS SQL, ориентированной на графический интерфейс разработки программного обеспечения Delphi. Экспертные системы имеют две категории пользователей и два отдельных входа, соответствующих различным целям взаимодействия пользователей с ЭС. Доступ к подсистеме приобретения знаний имеет возможность только эксперт. Вход в подсистему защищен паролем. В данной подсистеме эксперт может дополнять базу знаний новыми правилами и модификациями имеющихся. Экспертная система способна отвечать на определенные вопросы (рис. 3).

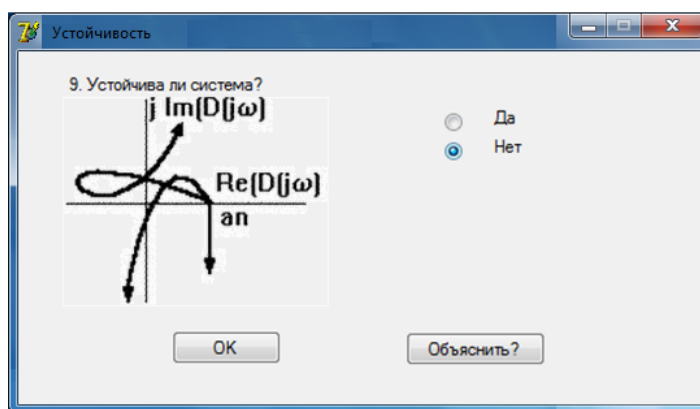


Рис. 3. Окно обучающей системы с возможностью перехода к ответу.

Пользователь может вводить параметры для определения устойчивости звена охваченной единичной обратной связью (рис. 4).

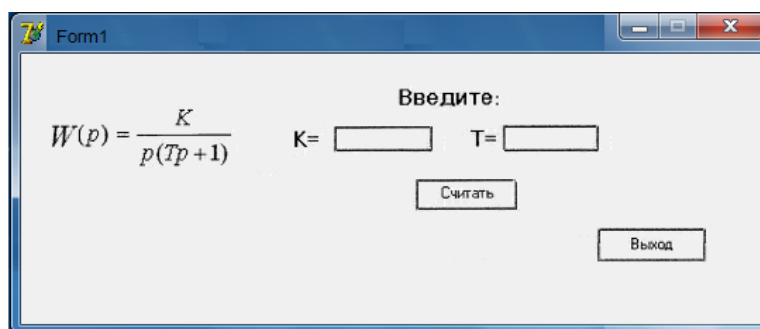


Рис. 4. Окно обучающей системы с возможностью ввода параметров для расчетов.



Если система устойчива, то выдается соответствующее сообщение (рис. 5).

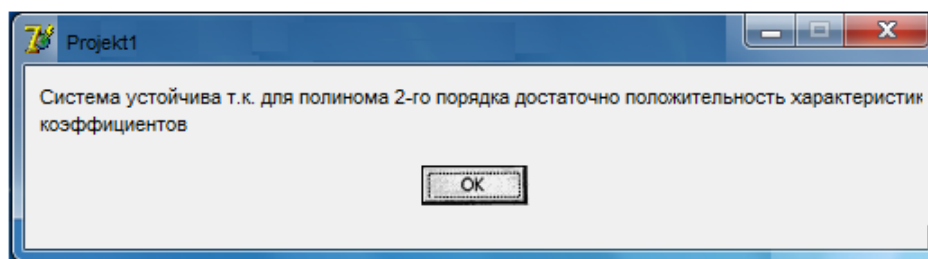


Рис. 5. Сообщение обучающей системы о результатах расчетов.

Таким образом, в ходе рассмотрения существующих моделей представления знаний, выявлена область их эффективного применения. Анализ показал рациональность применения семантико-фреймовой модели представления знаний для технических предметов со сложными логическими связями между их понятиями и определениями. В результате разработана конкретная семантико-фреймовая модель представления знаний, используемая при изучении раздела «Устойчивость» по дисциплине «Теория автоматического управления».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
2. Нейлор К. Как построить экспертную систему / пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 286 с.
3. Нейман Ю. М., Хлебников В. А. Педагогическое тестирование как измерение. – М.: Центр тестирования МО РФ, 2000. – 67 с.
4. Осуга С. Обработка знаний / пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 293 с.
5. Уэно Х., Исидзука М. Представление и использование знаний. – М.: Мир, 1989. – 220 с.