

## ПРОДУКЦИОННО-ФРЕЙМОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ В ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ

*Насырымбекова Паризат Курманбековна, ст.преп., Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: [parisat@mail.ru](mailto:parisat@mail.ru)*

**Аннотация.** В статье рассматривается исследование и проведение сравнительного анализа моделей представления знаний, а также создание базы знаний на основе продукционно-фреймовой модели.

**Ключевые слова:** экспертные системы, знания, модели представления знаний, продукционная модель, фреймовая модель, слоты, база знаний.

### PRODUCT-FRAME REPRESENTATION OF KNOWLEDGE IN EXPERT SYSTEMS

*Nasyrymbekova Parizat Kurmanbekovna, senior lecturer, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakova, 720044, Bishkek, Aitmatov Ave. 66, e-mail: [parisat@mail.ru](mailto:parisat@mail.ru)*

**Annotation.** The article discusses the study and comparative analysis of knowledge representation models, as well as the creation of a knowledge base based on the production-frame model

**Keywords:** expert systems, knowledge, knowledge representation models, production model, frame model, slots, knowledge base.

Специалисты в области инженерии знаний ведут активные поиски эффективных сочетаний моделей представления знаний и разработки интегрированных моделей представления знаний, которые смогли бы объединить и взаимно дополнить различные средства и методы представления знаний и в полной мере реализовать свойства знаний [1].

Поэтому можно сделать вывод о том, что исследования в этой области очень актуальны на сегодняшний день, поскольку необходимо разрабатывать новые подходы к изучению моделей представления знаний в экспертных системах (ЭС).

Модели представления знаний образуют две группы - эвристические и логические модели. Эвристические подходы к представлению знаний носят в большей степени характер искусства, в их использовании превалирует интуиция, опыт и мастерство разработчика.

К числу эвристических моделей относятся фреймовые модели представления знаний и семантические сети.

В основе логических моделей лежит строгое понятие формальной системы, то есть изобразительные средства, лежащие на основе этих моделей, имеют теоретическое обоснование. Состав логических моделей представления знаний образуют логические и продукционные модели.

Продукционные модели на сегодняшний день можно считать наиболее распространенными моделями представления знаний. Понятие «продукция» и «продукционная система» впервые были введены Е. Постом в его работах по теории алгоритмов в 1943 г. Однако Пост в качестве продукции рассматривал только ту часть, которую сейчас называют ядром ( $A \rightarrow B$ , ЕСЛИ А, ТО В) [2].

Продукционные модели достаточно близки логическим моделям, в них достаточно эффективно реализуется логический вывод (ЛВ), но представление знаний происходит более

наглядно, чем в классических логических моделях. Главное отличие от логических моделей состоит в отсутствии жестких ограничений и это позволяет изменять интерпретацию элементов продукции.

Продукционная модель – это модель, основанная на правилах и позволяющая представить знание в виде предложений типа: «ЕСЛИ (условие, или антецедент), ТО (действие, или консеквент)». При этом условием является определенное предложение-образец, по которому производится поиск в базе знаний, а действием является набор определенных действий, которые выполняются при успешном результате поиска. Новые данные, которые могут быть получены в результате вычислений (или взаимодействия с пользователем) генерируются и также добавляются в базу.

Каждое правило состоит из одной или нескольких пар «атрибут-значение». Истинность пар «атрибут-значение», хранящихся в рабочей памяти систем, основанных на продукционных моделях, устанавливается в процессе решения определенной задачи к определенному моменту времени. По мере срабатывания правил в процессе решения содержимое памяти может изменяться. Правило срабатывает, если факты, содержащиеся в рабочей памяти, при составлении совпадают с антецедентом анализируемого. В таком случае заключение сработавшего правила заносится в рабочую память. Актуализация и выбор продукции происходит с помощью процедур управления продукциями, заданных в системе.

Объем фактов, содержащихся в рабочей памяти, может меняться в итоге реализации ЛВ – как правило, он увеличивается (уменьшится он может в том случае, если в результате действия правило факт удаляется из памяти). В процессе реализации ЛВ каждое правило из базы может сработать только один раз.

Набор продукционных правил, содержащий необходимые для проведения ЛВ знания, образует продукционную базу знаний (БЗ). Как правило, данные представляются в следующем виде «объект - атрибут – значение». Под объектом понимается некий объект программного обеспечения, под атрибутом – его характеристика.

В общем виде продукция может быть представлена следующим выражением:

$$(i): Q; P; A \rightarrow V; N.$$

где  $i$  – имя (идентификатор) продукции. С его помощью конкретная продукция может быть идентифицирована из всего множества продукции. Идентификатор продукции может быть выражен как в словесной форме, так и в виде порядкового номера продукции.

$Q$  – характеризует область применения продукции. Разделении всего множества знаний на отдельные области экономит время при поиске решения задач.

$P$  – это условие применимости ядра продукции. Как правило  $P$  является логическим выражением.

Ядро  $A \rightarrow V$  – это основной элемент продукции. Обычное ядро имеет вид предложения «ЕСЛИ  $A$ , ТО  $V$ », однако могут быть и достаточно сложные конструкции, с допущением альтернативного выбора. В этом случае ядро может приобретать вид: «ЕСЛИ  $A$ , ТО  $V$ , ИНАЧЕ  $V$ ». Нужно учесть, что логическая причинно-следственная связь  $A$  и  $V$  возможна только при истинности  $A$  (если же  $A$  не является истинным, то о  $V$  нельзя ничего сказать, т.к. из ложного условия может следовать все, что угодно, хотя для импликации принято считать, что следует истина). Кроме связи типа «причина-следствие», между  $A$  и  $V$  могут существовать связи «действие-действие», «знания-действие» и другие.

$N$  – описывает постусловия продукции, активизирующиеся после реализации ядра. Фактически, постусловия – это либо алгоритм действий, подлежащих выполнению после подтверждения истинности  $V$ , либо описание изменений, которые должны быть внесены в базу знаний после реализации продукции. Выполнение  $N$  может происходить сразу же после реализации продукции или спустя определенное время.

Логический вывод представляет из себя поиск ответа на вопрос пользователя заданный ЭС. Для поиска ответа ЭС анализирует накопленные на текущий момент знания и выбирает наиболее подходящий элемент из списка разрешенных. Предусматриваются и невозможность найти ответ на заданный вопрос. Поэтому, результатом ЛВ может быть как определенное значение из списка разрешенных значений, так и сообщение о невозможности получить ответ.

Логический вывод, реализуемый ЭС, происходит следующим образом. У пользователя запрашивается идентификатор (имя объекта), для которого необходимо установить значение, а также известные пользователю знания о программном обеспечении, помимо тех, что заложены в базу знаний. Используя сведения, полученные от пользователя, экспертная система в базе знаний выводит новые знания. Этот процесс повторяется несколько раз до тех пор, пока ЭС не сможет найти ответ на

поставленный вопрос, т.е. присвоить объекту какое-либо из разрешенных значений или значение «неизвестно».

При выполнении условия применимости одновременно для нескольких продукций возникает проблема выбора продукции или их группы (в случае возможности параллельной обработки), которая должна быть активирована для эффективного и быстрого достижения поставленной цели. Решение этой проблемы обеспечивает система активизации продукций.

В основе фреймовой модели представления знаний лежит концепция М. Минского, одного из основателей лаборатории искусственного интеллекта. Фактически фреймовая модель является систематизированной моделью человеческого сознания и памяти. Использовать данный вид модели для представления знаний М. Минский предложил в 1979 г.

Во фреймовых моделях связи между элементами модели выражаются через бинарные отношения. Фрейм – это структура, представляющая (описывающая) определенный объект в виде атрибутов и их значений. Вся информация при этом содержится в слотах – отдельных единицах модели. Фреймы могут быть классифицированы, как фреймы-структуры, фреймы-операции, фреймы-ситуации, фреймы-сценарии, фреймы-роли [3].

Структура фрейма может быть представлена в следующем 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).

Каждый фрейм имеет уникальный идентификатор (имя) описываемого понятия или явления. Описание основных элементов называется слотами. Имена слотов, включенных в один фрейм, также должны быть уникальными. Имя слота должно быть уникальным в рамках одного фрейма. Имя слота обычно выступает лишь в качестве идентификатора слота, хотя в редких случаях иногда оно может иметь особое значение. Слоты задают условия, подлежащие выполнению, если между значениями найдено соответствие.

Например, имя слота DDESENDANTS указывает на дочерний фрейм, FINEDRY на пользователя, определяющего фрейм, DEFINEDON на дату определения фрейма, MODIFIEDON на дату модификации фрейма и т.п.

Есть имена слотов, которые используются для представления структурированных объектов, например, HASPART, RELATIONS и другие. Это так называемые «системные» слоты. Они применяются при редактировании БЗ и для управления выводом.

Слот может содержать как конкретные характеристики объектов, так и процедуры, и алгоритмы вычисления значений этих характеристик с использованием значений других слотов, отсылки к конкретным слотам других фреймов, или ссылки на другой фрейм. Значением слота может стать информация любого вида, используемая в качестве описания объектов ПО или необходимая для определения их характеристик.

Сеть фреймов образуется в том случае, когда имя одного фрейма становится значением слота другого фрейма (при этом слот отображает существующие между фреймами отношения).

Слот фрейма – экземпляра может получить значения одним из следующих способов:

- по умолчанию (от одноименного слота фрейма-прототипа);
- исследуя свойства от фрейма, указанного в слоте АКО, значением которого является имя фрейма-родителя;
- по формуле;
- через присоединенную процедуру;
- при диалоге с пользователем;
- из внешней БД.

Наследование свойств других объектов является одной из главных особенностей фреймовой модели представления знаний. Возможность наследования очень важна в случаях, когда для представления новых состояний объектов используются базовые фреймы.

Наследование свойств происходит при помощи АКО-связей. Слот АКО содержит имя расположенного на более высокой иерархической ступени фрейма, от которого наследуются значения слотов.

Прежде всего нужно выявить положительные стороны рассматриваемых моделей представления знаний.

В силу того, что продукции не связаны между собой явно, они могут быть модифицированы

по модульной технологии. Поэтому производственная модель обладает достаточно высокой модульностью. Наглядность представления знаний также является сильной стороной производственной модели. Производственные эвристики близки образу мышления человека-эксперта, можно провести аналогии между производственной моделью и долговременной памятью человека, поэтому можно утверждать, что этому типу модели представления знаний естественность.

Основные компоненты производственной модели применяются при построении ИС, ориентированных на самые разнообразные проблемы, это позволяет сделать вывод об универсальности модели.

Производственные модели достаточно удобны для представления логических взаимосвязей между фактами, поскольку они достаточно формализованы и строги.

Если говорить об абстрактности элементов представляемых знаний, то производственная модель работает с простейшими составляющими знаний – фактами и правилами.

Основные достоинства систем, основанных на производственных моделях – это простота представления знаний и организации логического вывода. Такие системы состоят из совокупности трех компонентов: базы правил (продукций), базы фактов, которая содержит декларативные знания о конкретной ПО (они используются как аргументы в условиях применимости продукций), и интерпретатора продукций, который анализирует условия применимости продукций, определяет правила выполнения продукций порядок управления ЛВ в производственной системе. Реализация производственных моделей знаний базируется на языках типа ПРОЛОГ.

Данная модель широко применяется в экспертных системах, в том числе промышленного (коммерческого) уровня [4].

Отличительной чертой фреймовой модели является упомянутая выше возможность комбинировать декларативные и процедурные знания благодаря процедурным вложениям. Поэтому в этой модели может быть отражена как непосредственная информация о представляемом объекте, так и его функциональные и поведенческие особенности. Использование различных типов фрейм-структур (фрейм-роли, фрейм-сценарии, фрейм-ситуации) для описания самых разнообразных понятий и объектов ПО позволяет подробно и максимально истинно отображать все многообразие знаний. Поэтому данная модель, так же, как и производственная, является универсальной.

Фреймовой модели также, как и производственной, присуща естественность, поскольку принципы ее построения вполне соответствуют логической памяти человека, направленной на комплексное запоминание смысловой составляющей представленных знаний.

Ниже рассматривается один из подходов построения базы знаний по устранению неисправностей персонального компьютера на основе производственно-фреймовой модели представления знаний.

Для создания базы знаний необходимо выделить множество всех неисправностей компьютера, которые будет различать экспертная система и выделить совокупность информационных параметров, значения которых позволяют поставить диагноз.

В результате выявлены следующие типы возможных проблем с компьютером:

- Проблемы с запуском. К ним относятся следующие проблемы: Компьютер не запускается, Компьютер запускается, но сразу выключается, при запуске компьютера системный блок сильно шумит.
- Проблемы с аппаратурой. К ним относятся: Отсутствие изображения на экране, искажения на экране, неработоспособность клавиатуры.
- Проблемы в производительностью. К ним относятся: Компьютер тормозит, появляется синий экран.

Далее необходимо составить правила, на основе которых будут выводиться рекомендации. В результате созданы следующие правила:

- Если проблема - компьютер не запускается и системный блок не подключен к сети, то необходимо подключить его к сети и попробовать заново запустить компьютер.
- Если проблема - компьютер не запускается и системный блок подключен к сети, но нарушена целостность кабеля то необходимо заменить кабель и попробовать заново запустить компьютер.
- Если проблема - компьютер не запускается и системный блок подключен к сети, целостность кабеля не нарушена, но блок питания не подключен к материнской плате, то необходимо подключить блок питания к материнской плате и попытаться заново запустить компьютер.

- Если проблема - компьютер не запускается и системный блок подключен к сети, целостность кабеля не нарушена, блок питания подключен к материнской плате и блок питания работает на другом компьютере, то необходимо ремонт материнской платы.
- Если проблема - компьютер не запускается и системный блок подключен к сети, целостность кабеля не нарушена, блок питания подключен к материнской плате и блок питания не работает на другом компьютере, то необходимо ремонт блока питания.
- Если проблема - компьютер включается, но через какое-то время выключается и блок питания исправен, то необходимо ремонт материнской платы.
- Если проблема – системный блок сильно шумит, то необходимо чистку кулера процессора.
- Если проблема – системный блок сильно шумит, и чистка кулера процессора не помогла, то необходимо провести чистку кулера блока питания.
- Если проблема – системный блок сильно шумит, чистка кулера процессора кулера блока питания не помогли, то необходимо замена жесткого диска.
- Если проблема – компьютер тормозит и есть перегрев комплектующих компьютера, то необходимо заменить термопасту или заменить кулер.
- Если проблема – появляется синий экран, то необходимо выполнить восстановление системы.
- Если проблема – появляется синий экран и восстановление системы не помогло, то необходимо выполнить обновление программного обеспечения.

Созданная база знаний применена в программной среде ESWin 2.1.

ESWin – программная оболочка для работы с продукционно-фреймовыми экспертными системами с возможностью использования лингвистических переменных. Описываемая программная оболочка предназначена для решения задач логического вывода на основе интерпретации правил – продукций с использованием фреймов как структуру данных, включающих в себя, в частности, лингвистические переменные.

База знаний состоит из набора фреймов и правил – продукций.

Для описания объектов, понятий, ситуаций в базе знаний используются фреймы. Формат внешнего представления фреймов выглядит так, как показано на рисунке 1.

```

FRAME (<тип фрейма>) = <имя фрейма>
PARENT: <имя фрейма-родителя>
OWNER: <имя фрейма-владельца>
<имя слота 1> (<тип слота>) [<вопрос слота>?]: (<значение 1>;
                                     <значение 2>; ...;
                                     <значение k>)
<имя слота 2> (<тип слота>) [<вопрос слота>?]: (<значение 1>;
                                     <значение 2>; ...;
                                     <значение l>)
.
.
.
<имя слота n> (<тип слота>) [<вопрос слота>?]: (<значение 1>;
                                     <значение 2>; ...;
                                     <значение m>)
ENDF
    
```

Рис. 1. Представление фрейма в программной оболочке ESWin

Пример фрейма для рассматриваемой предметной области показана на рисунке 2.

```

Frame=Проблемы с аппаратурой
тип(symbol)[Выберите тип]: (На экране появляются горизонтальные полосы, искажения; )
Провод(symbol)[Проверьте целостность самого видео кабеля]: (Исправен; нет;)
EndF
    
```

Рис. 2. Пример фрейма

Правила используются в базе знаний для описания отношений между объектами, событиями, ситуациями и прочими понятиями. На основе отношений, задаваемых в правилах, выполняется логический вывод. В условиях и заключениях правил присутствуют ссылки на фрейм и их слоты.

Формат внешнего представления правил показана на рисунке 3.

```

RULE <номер правила>
<условие 1>
<условие 2>
.
.
.
<условие m>
DO
<заключение 1>
<заключение 2>
.
.
.
<заключение n>
ENDR

```

Рис. 3. Представление фрейма в программной оболочке ESWin

Пример созданного для предметной области правила приведен на рисунке 4.

```

Rule 1
- (Неисправность.Запуск ; Проблемы с запуском)100
- (Проблемы с запуском.Тип ; После запуска компьютера индикатор загрузки виндовс не исчезает)100
- (Проблемы с запуском.проблемы ; Проблема осталась)100
Do
- (Цель.Устранить неисправность в пк; Выполните восстановление операционной системы с загрузочного диска)100
EndR

```

Рис. 4. Пример правила

Также правила, содержат коэффициент доверенности. Коэффициент доверенности – число от 0 до 100. Коэффициент доверенности в заключении используется при формировании значения слота фрейма-экземпляра при срабатывании правила.

Рассмотрим пример логического вывода. Например, у пользователя нет изображения на экране, монитор подключен к сети и работает на другом компьютере.

Для начала пользователю необходимо запустить поиск решения. Для этого необходимо выбрать пункт Решение и нажать выбрать поиск решения.

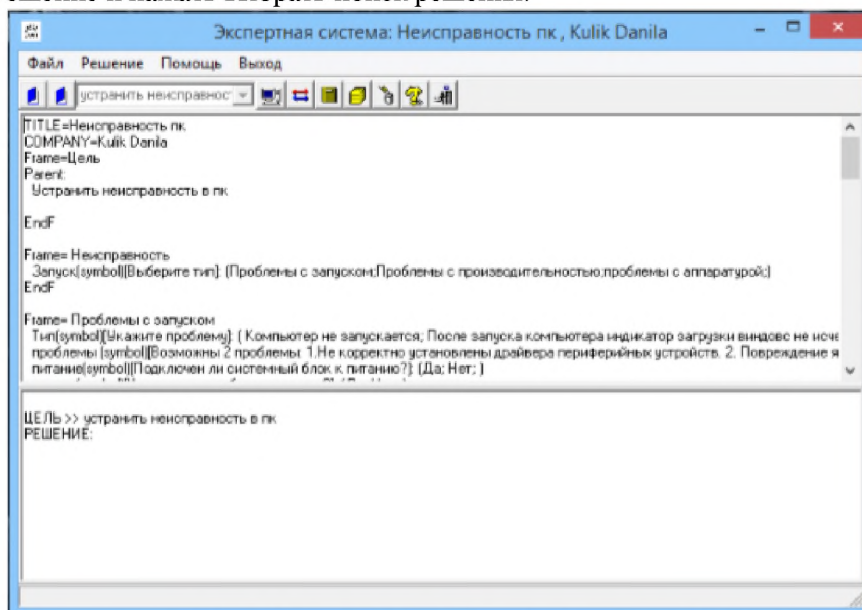


Рис. 5. Общий вид окна экспертной системы

Далее пользователю необходимо ответить на вопросы системы, выбирая нужные параметры. Процесс выбора нужных параметров показан на рисунках 6 – 10.

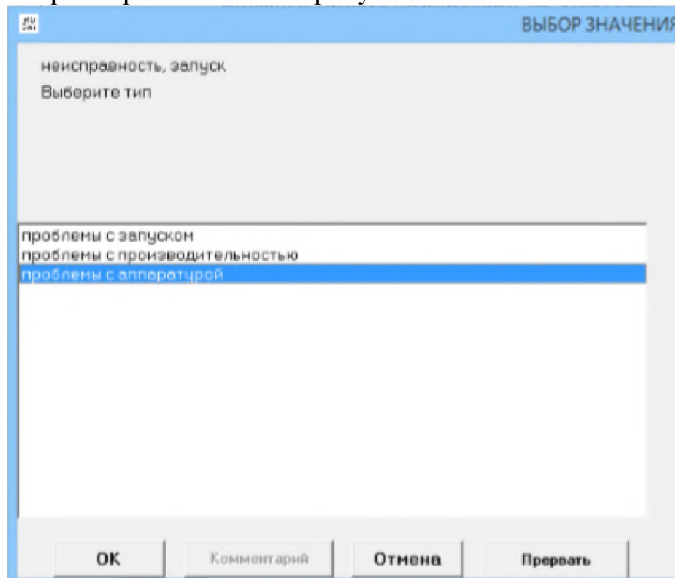


Рис. 6. Выбор типа проблемы

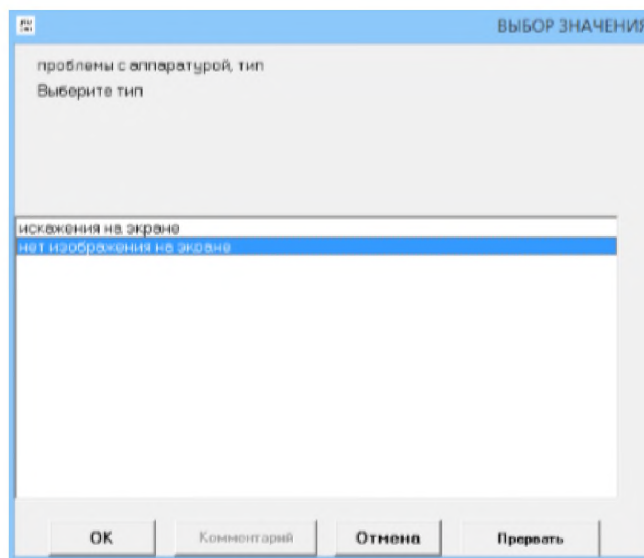


Рис. 7. Выбор конкретной проблемы

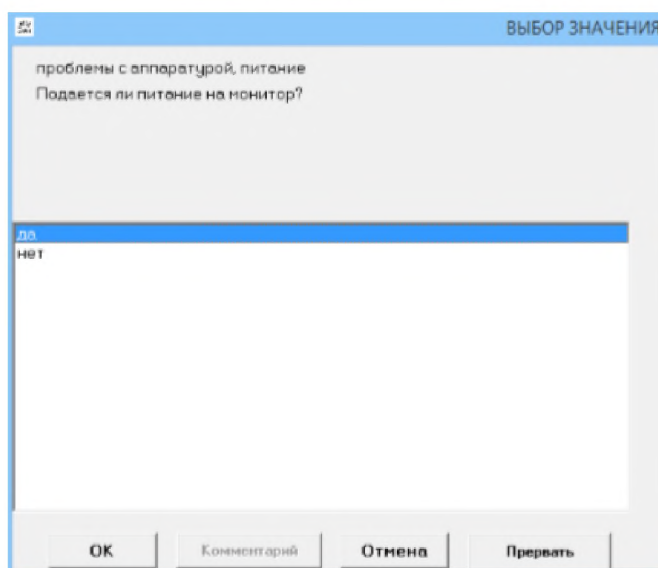


Рис. 8. Ответ на вопрос о подаче питания на монитор

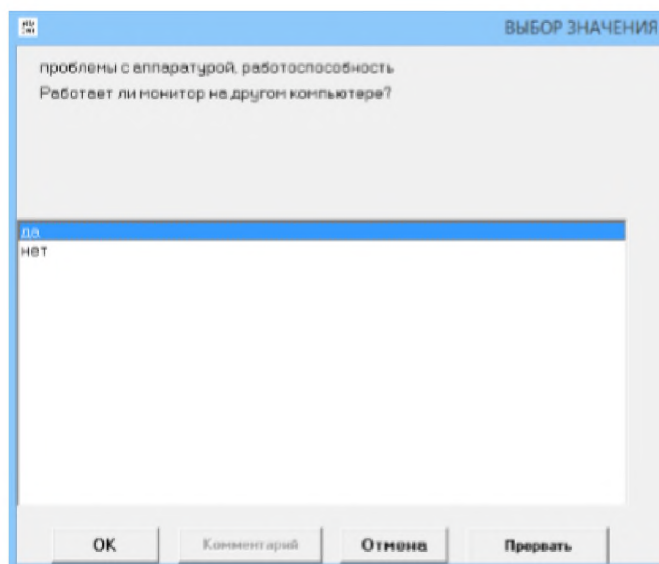


Рис. 9. Ответ на вопрос о работе монитора на другом компьютере

В результате работы пользователь получит рекомендации по устранению проблемы.

```

ЦЕЛЬ >> устранить неисправность в ПК
РЕШЕНИЕ:
цель, устранить неисправность в ПК = необходим сброс настроек bios с уверенностью 100 %
(Правило 8)

```

Рис. 10. Решение

### Заключение

Подводя итоги анализа исследованных моделей, нужно отметить следующее.

Для того, чтобы эффективно и полноценно представлять эвристические знания модель представления должна обладать следующими характеристиками: универсальность; наглядность представления знаний; естественность; простота построения и применения; способность при представлении знаний реализовать такое свойство знаний, как активность; открытость БЗ; возможность отражения иерархической структуры представляемых объектов ПО; уметь оперировать не явными знаниями; использовать многоуровневых представлений; проводить быстрый и эффективный ЛВ.

Также была создана база знаний по устранению неисправностей персонального компьютера на основе продукционно-фреймовой модели.

### Список литературы

1. Коробова И.Л. Методы представления знаний/И.Л. Коробова. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2003. – 512 с.
2. Поспелов Д.А. Искусственный интеллект: в 3-х кн. Кн. 2. Модели и методы: Справочник/Под ред. Д.А. Поспелова – Москва: Радио и связь, 1990. – 304 с.
3. Головничер М.Н. Введение в системы знаний: Курс лекций/Под ред. М.Н. Головничер. – Томск, 2011. – 21 с.
4. Козлов А.Н. Интеллектуальные информационные системы: Учебник А.Н. Козлов. Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. – 62 с.
5. Батырканов, Ж. И. Обучающие экспертные системы / Ж. И. Батырканов, К. Д. Боскебеев // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2011. – № 23. – С. 5-9.
6. Батырканов, Ж. И. Обучающие экспертные системы / Ж. И. Батырканов, К. Д. Боскебеев // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2011. – № 23. – С. 5-9.
7. Батырканов, Ж. И. О семантико-фреймовой модели представления знаний в обучающих интеллектуальных системах / Ж. И. Батырканов, Г. М. Кудакеева // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2013. – № 29. – С. 221-225.

**Известия КГТУ им. И.Раззакова 58/2021**

---

8. Батырканов, Ж. И. О семантико-фреймовой модели представления знаний в обучающих интеллектуальных системах / Ж. И. Батырканов, Г. М. Кудакиева // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2013. – № 29. – С. 221-225.