

Рассмотренные выше методики численной оценки размеров зоны обработки гексапода позволяет как оценить размеры зоны обработки по известным размерам гексапода, так и выбрать минимально необходимые базовые размеры гексапода, который сможет обеспечить обработку в заданной рабочей зоне.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бушуев В.В., Подзоров П.В. Особенности проектирования оборудования с параллельной кинематикой // СТИН. – 2004. – №4. – С. 3...10; №5. – С. 3...8. 2. Потапов П.В. Механизмы с параллельной кинематикой в машиностроении // Приложение. Справочник. Инженерный журнал. – 2005. – №8(101). 3. Gosselin C. Determination of the Workspace of 6-DOF Parallel Manipulators // Journal of Applied Mechanical Design. – 1996. – Vol. 112. – pp. 331...336. 4. Luh C. и др. Working Capability Analysis of Stewart Platforms // ASME Journal of Mechanical Design. – 1996. – Vol. 118. – pp. 220...227.

УДК 004.891

*Романюк Г.Э., Романюк С.И., Криволапов Д.В.*

## СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ СРЕДСТВАМИ СУБД ACCESS

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

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 [1].

Экспертная система — это программа для компьютера, которая оперирует со знаниями в определенной предметной области с целью выработки рекомендаций или решения проблем.

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 .

Основу успеха ЭС составили два важных свойства, отмечаемые рядом исследователей [2]:

в ЭС знания отделены от данных, и мощность *экспертной системы* обусловлена в первую очередь мощностью базы знаний и только во вторую очередь используемыми методами решения задач;

решаемые ЭС задачи являются неформализованными или слабоформализованными и используют эвристические, экспериментальные, субъективные знания экспертов в определенной предметной области.

Основными категориями решаемых ЭС задач являются: диагностика, управление (в том числе технологическими процессами), интерпретация, прогнозирование, проектирование, отладка и ремонт, планирование, наблюдение (мониторинг), обучение.

Основу ЭС составляет подсистема логического вывода, которая использует информацию из базы знаний (БЗ), генерирует рекомендации по решению искомой задачи. Чаще всего для представления знаний в ЭС используются системы продукций и семантические сети.

Обязательными частями любой ЭС являются также модуль приобретения знаний и модуль отображения и объяснения решений. В большинстве случаев реальные ЭС работают также на основе баз данных (БД). Только одновременная работа со знаниями и большими объемами информации из БД позволяет ЭС получить неординарные результаты, например, поставить сложный диагноз (медицинский или технический), открыть месторождение полезных ископаемых, управлять ядерным реактором в реальном времени.

ЭС хорошо решают узкие специфические проблемы в определенной сфере знания, но проигрывают в решении задач, требующих широкого кругозора.

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

Существуют специальные готовые оболочки экспертных систем, которые позволяют посредством редактора БЗ заполнить ядро экспертной системы и превратить схемы правил вывода в конкретные правила. Занимается этим специалист, которого обычно называют *инженером по знаниям*, или *когнитологом*. Можно сказать, что он выступает промежуточным звеном между живыми экспертами и создаваемой БЗ.

Создание экспертной системы вполне доступно средствами СУБД Access, без специального изучения языков логического программирования [3]. Использование Access делает процесс создания экспертной системы и ее работу визуализированной, чего трудно достигнуть при использовании языка PROLOG и других подобных языков. Разумеется, создаваемая таким образом экспертная система - это весьма простая модель настоящих экспертных систем. Тем не менее, как всякая модель, она отражает основные принципы экспертных систем.

### Создание ЭС.

Для примера спроектируем ЭС "Определение неполадок мониторов".

Создаваемая система относится к классу идентификационных (или диагностических) систем. Системы этого класса решают задачу определения, т.е. идентификации, объекта по его признакам. Такие системы составляют значительную часть существующих экспертных систем. Для простоты ограничиваемся лишь рассмотрением детерминированных систем, когда пользователь может точно ответить на вопрос о наличии или отсутствии того или иного признака.

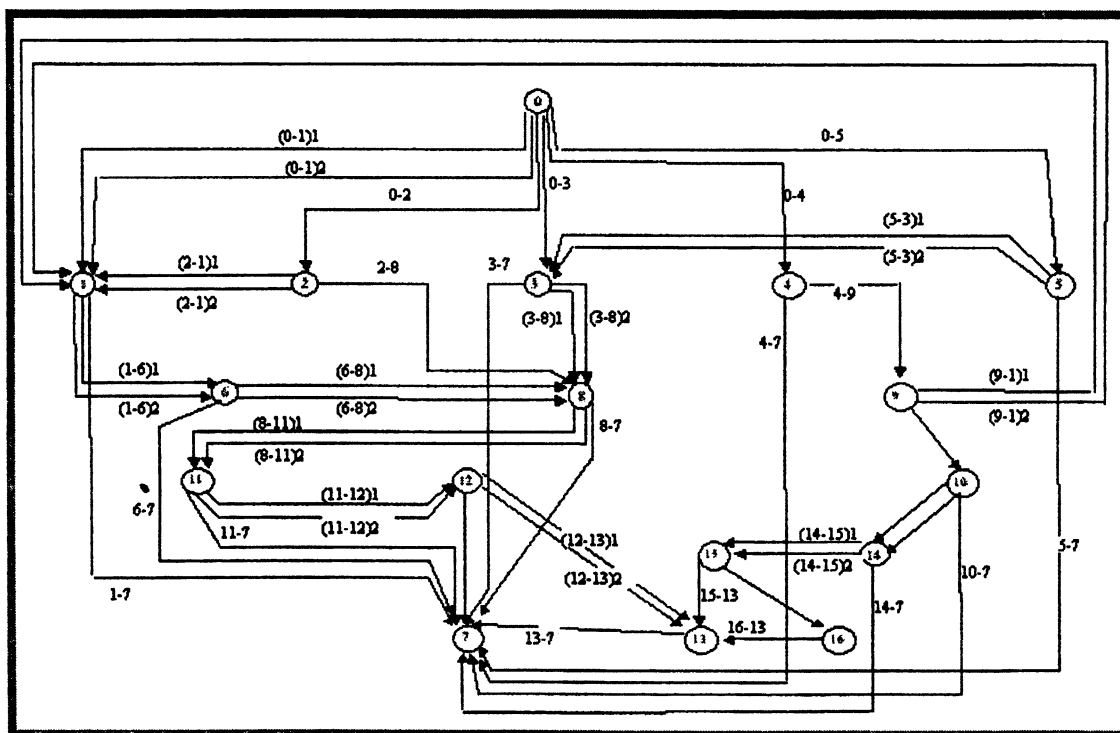


Рисунок 1

Модель ЭС строим на основе Access.

Вначале создаем базу знаний в предметной области ЭС (в данном случае - диагностика неполадок мониторов).

Затем создаем систему логического вывода (решатель). Для наглядности работу решателя изображаем орграфом. На рис. 1 представлен граф, отражающий знания экспертной системы. Каждая вершина графа помечена уточняющим вопросом экспертной системы к пользователю или ее ответом на задачу. Для удобства все вершины пронумерованы, начиная с нуля. В дальнейшем вершина орграфа будет называться "состоянием экспертной системы".

По существу, работа экспертной системы означает "путешествие" по этому орграфу. Такое путешествие состоит из последовательности однотипных шагов, на каждом из которых пользователь должен решить, по какой дуге он пойдет из очередной вершины.

Применяя реляционный подход, следует теперь описать этот орграф подходящими таблицами.

Значения вершин и ребер графа сведены в таблицы 1-3.

В экспертной системе вершинам графа соответствуют вопросы, задаваемые пользователю, и пояснения. Вопросы и пояснения сведены в таблицы «Вопросы» (табл. 1) и «Объяснения» (табл. 3) соответственно, в которых столбец «Состояние» отражает номер вершины графа.

Таблица «Ребра графа» (табл. 2) отражает варианты ответов на поставленные вопросы. Поле «Начало» содержит номера вершин графа (вопросов), которым соответствуют данные ответы. Поле «Конец» содержит номера вершин, в которые переводит данный вариант ответа.

Таблица 1

Вершины графа	
Состояние	Вопрос
0	Какой у вас вид неполадки?
1	Соответствуют ли настройки экрана используемому оборудованию?
2	Возникают неполадки при обновлении экрана?
3	Используется неверный драйвер видеоадаптера?
4	Продолжить работу со средством устранения неполадок?
5	Правильно ли выбран монитор в настройках экрана?
6	Поддерживается ли DirectDraw драйвером видеоадаптера?
7	Благодарим за использование средства устранения неполадок экрана.
8	Поддерживает ли Windows видеоадаптер?
9	Показывается ли что-то на экране дополнительного монитора?
10	Используется Adobe Type Manager?
11	Попытайтесь уменьшить аппаратное ускорение.
12	Переустановите драйвер видеоадаптера.
13	Не удастся устранить неполадку с помощью данного средства.
14	Дополнительный монитор включен?
15	Используются видеоадаптеры PCI или AGP?
16	Необходим специальный драйвер для видеоадаптера PCI или AGP

Таблица 2

Ребра графа		
Начало	Конец	Варианты ответов
0	1	Получено следующее сообщение об ошибке: "Неполадки экрана. Продолжение программы невозможно."
0	3	Не удастся установить монитор.
0	4	Неполадки со средством отображения на нескольких мониторах.
0	1	Видеозаписи или анимации не воспроизводятся правильно.

Ребра графа		
Начало	Конец	Варианты ответов
0	5	Не удастся установить разрешение выше 640 × 480 с 16 цветами.
0	2	Экран мерцает или искажен.
1	6	Нет, по-прежнему возникают неполадки.
1	7	Да, неполадки устранены.
1	6	Пропустить шаг и попробовать другие средства.
2	1	Не знаю
2	8	Нет, неполадки при обновлении экрана не возникают.
2	1	Да, возникают неполадки при обновлении экрана.
3	8	Пропустить шаг и попробовать другие средства.
3	8	Нет, по-прежнему возникают неполадки.
3	7	Да, неполадки устранены.
4	9	Да, все подключено правильно и я продолжаю работу.
4	7	Нет, источник неполадок был указан выше и теперь все работает правильно. Закрывать средство устранения неполадок.
5	3	Нет, по-прежнему возникают неполадки. Или правильный монитор уже выбран
5	7	Да, неполадки устранены.
5	3	Пропустить шаг и попробовать другие средства.
6	8	Нет, драйвер поддерживает DirectDraw, но неполадки возникают.
6	7	Да, неполадки устранены.
6	8	Пропустить шаг и попробовать другие средства.
7	0	Начать сначала?
8	7	Да, неполадки устранены.
8	11	Пропустить шаг и попробовать другие средства.
8	11	Да, Windows поддерживает видеоадаптер.
9	1	Да, на экране дополнительного монитора что-то отображается.
9	10	Нет, экран дополнительного монитора пуст. Или не удастся установить дополнительный видеоадаптер.
9	1	Пропустить этот вопрос.
10	14	Нет, по-прежнему возникают неполадки. Или Adobe Type Manager не используется.
10	7	Да, теперь можно использовать поддержку нескольких мониторов.
10	14	Пропустить шаг и попробовать другие средства.
11	12	Пропустить шаг и попробовать другие средства.
11	12	Нет, аппаратное ускорение установлено в режим Нет, но по-прежнему возникают неполадки со звуком.
11	7	Да, неполадки устранены.
12	13	Пропустить шаг и попробовать другие средства.
12	13	Нет, по-прежнему возникают неполадки.
12	7	Да, неполадки устранены.
13	7	Да, попытаюсь получить справку где-нибудь еще.

Ребра графа		
Начало	Конец	Варианты ответов
13	0	Начать сначала.
14	15	Нет, дополнительный монитор по-прежнему работает неверно.
14	7	Да, неполадки устранены.
14	15	Пропустить шаг и попробовать другие средства.
15	16	Да, используются подходящие видеоадаптеры.
15	13	Нет, один или оба адаптера принадлежат к другому типу
16	0	Начать сначала.
16	7	Да я установлю специальные драйвера для видеоадаптеров PCI или AGP.

Таблица 3

Объяснения	
Состояние	Объяснение
0	Выберите вариант, соответствующий вашей неполадке
1	Некоторые настройки экрана, неверно заданные для имеющегося видеоадаптера (видеоплаты), могут помешать правильной работе Windows. Корректировка этих настроек может привести к устранению неполадок. Если вы ничего не видите на экране компьютера, перезагрузите компьютер в безопасном режиме и исправьте настройки экрана. После изменения настроек экрана неполадки устранены?
2	Компьютер неверно обновляет области экрана при перемещении или изменении размеров окон?
3	Если указан неверный драйвер видеоадаптера (видеоплаты), могут возникать неполадки при установке монитора или задании разрешения выше 640 × 480 с 16 цветами. Если имеется обновленный драйвер, следуйте инструкциям по загрузке программного обеспечения на ваш компьютер. Если драйвер не устанавливается автоматически, воспользуйтесь описанной выше процедурой для поиска и установки драйвера. После установки правильного драйвера для видеоадаптера неполадки устранены?
4	Прежде чем продолжить, убедитесь, что кабели мониторов надежно присоединены и на мониторы подается питание.
5	Проверьте, что в окне "Свойства: Экран" отображается правильный монитор. Если выбран неверный монитор, Windows не сможет использовать все возможности монитора и выбор экранного разрешения может оказаться ограниченным. После выбора правильного монитора неполадки устранены?
6	Неполадки с экраном могут возникать, если драйвер видеоадаптера не поддерживает интерфейс программирования приложений Microsoft DirectDraw. Чтобы проверить, поддерживается ли DirectDraw драйвером видеоадаптера На вкладке Дисплей нажмите кнопку Проверить DirectDraw. Если драйвер видеоадаптера не поддерживает DirectDraw, то обновленный драйвер может оказаться доступным для загрузки с веб-узла Windows Update. Чтобы попасть на веб-узел Windows Update, нажмите кнопку Пуск, укажите на команду Все программы и выберите Windows Update. После установки обновленного драйвера неполадки устранены?
7	
8	Если видеоадаптер не включен в список совместимого оборудования или включен, но не отмечен как совместимый с Windows XP, корпорация Майкрософт не обеспечивает для него поддержку или драйверы. Обратитесь к изготовителю

Объяснения	
Состояние	Объяснение
	адаптера или посетите веб-узел изготовителя, чтобы получить драйвер, совместимый с Windows XP. Поддерживает ли Windows видеоадаптер?
9	
10	Программное обеспечение Adobe Type Manager несовместимо с поддержкой нескольких мониторов. После установки Adobe Type Manager поддержка нескольких мониторов отключается.
11	В следующей процедуре потребуется перезагрузка компьютера, что приведет к закрытию данного средства устранения неполадок. Если возможно, откройте это средство на другом компьютере, а затем выполняйте действия по устранению неполадок на вашем компьютере.
12	Если Windows не запускается или на экране появляется искаженный или нечитаемый текст, причиной может быть неверный драйвер видеоадаптера. Переустановите драйвер или установите обновленную версию драйвера, если имеется. После переустановки видеоадаптера неполадки устранены?
13	Возникли неполадки, которые не удается устранить с помощью данного средства. Для доступа к дополнительным ресурсам Windows нажмите кнопку Пуск, укажите на команду Все программы и выберите Windows Update.
14	
15	Для поддержки нескольких мониторов требуются видеоадаптеры (видеоплаты) PCI (Peripheral Component Interconnect) или AGP (Accelerated Graphics Port). Видеоадаптеры архитектуры ISA/EISA (Industry Standard Architecture/Extended Industry Standard Architecture) не поддерживаются. Чтобы определить, используются ли видеоадаптеры PCI или AGP, обратитесь к документации видеоадаптера или к изготовителю. Если один из ваших видеоадаптеров имеет другой тип, необходимо заменить его на адаптер PCI или AGP.
16	

В данной экспертной системе возможны ситуации, когда разные варианты ответов переводят к одной вершине графа. (На графе такие переходы отражены в виде  $(m-n)k$ , где  $m$ -вершина, из которой выходит данное ребро;  $n$ -вершина, в которую приводит данное ребро;  $k$ -порядковый номер вопроса, приводящего в данную вершину. Если между вершинами  $m$  и  $n$  всего одно ребро, параметр  $k$  опускается.

**Например:**

Обозначения ребер  $(0-1)1$  и  $(0-1)1$  показывают, что в вершину графа 1 приводят два варианта ответа на вопрос, поставленный в вершине 0

$(0-1)1$  -- Получено следующее сообщение об ошибке: "Неполадки экрана. Продолжение программы невозможно."

$(0-1)2$  -- Видеозаписи или анимации не воспроизводятся правильно.

Таким же образом экспертная система переводит пользователя к следующему вопросу, если он затрудняется ответить на поставленный вопрос или желает пропустить данный вопрос.

**Например:**

$(6-8)1$  -- Нет, драйвер поддерживает DirectDraw, но неполадки возникают.

$(6-8)2$  -- Пропустить шаг и попробовать другие средства.

Данный подход позволяет исключать тупиковые ситуации. Разработанную ЭС можно рассматривать как экспериментальный (или исследовательский) образец ЭС с минимальной БЗ.

В разработанной системе:

- 1) опыт накопления знаний не предусматривается,
- 2) методы представления знаний позволяют описывать лишь статические предметные области,
- 3) модели представления знаний ориентированы на простые области.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бешенков С.А., Гейн А.Г., Григорьев С.Г. Информатика и информационные технологии - Свердловск: УрГПУ, 1995, - 144 с. 2. Томпсон Б., Томпсон У. Анатомия экспертных систем. // Реальность и прогнозы искусственного интеллекта - М.: Мир, 1987, 167 с. 3. А.Б. Ливчак, А.Г. Гейн. Создание ЭС средствами Access. - <http://inf.1september.ru/2002/5/art/access.html-ssi>

УДК 621.9.014.5.001.57

*Бжезинский А.А., Колесников Л.А.*

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РАДИАЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ МОТОР-ШПИНДЕЛЯ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

При проектировании станков особое внимание уделяется расчету шпиндельного узла, поскольку его характеристики в значительной мере определяют качество обработки. В частности, обязательно проводится расчет шпинделя на жесткость и точность [1, 2]. Для проведения такого расчета необходимы рассчитанные или табличные значения жесткостей (радиальной, угловой и осевой) расчетных опор шпинделя, обычно представляющих собой стандартные подшипниковые опоры.

В последние годы в станкостроении широкое распространение получили мотор-шпиндели. В такой конструкции ротор регулируемого электродвигателя (обычно асинхронного) смонтирован непосредственно на шпинделе. Однако такая конструкция привносит в расчетную схему шпиндельного узла дополнительную условную опору, обусловленную упругостью электромагнитного поля в воздушном зазоре между ротором и статором мотор-шпинделя. К сожалению, численные значения констант для определения упругих свойств электромагнитного поля не приводятся ни в доступной литературе, ни в нормативных документах производителей. Соответственно, невозможно адекватно оценить влияние конструкции мотор-шпинделя на качество шпиндельного узла. Поэтому была предпринята попытка оценить радиальную и угловую жесткость дополнительной расчетной опоры, привносимую электромагнитным взаимодействием между ротором и статором мотор-шпинделя.

Значение радиальной  $j_R$  и угловой  $j_\Theta$  жесткости опоры определяются из следующих выражений:

$$j_R = \frac{F}{e},$$

$$j_\Theta = \frac{M}{\Theta} = \frac{F \times l}{\Theta},$$
1)

где  $F$  – сила, приложенная к опоре в радиальном направлении, Н;  
 $e$  – радиальное смещение под действием силы  $F$ , мкм;  
 $\Theta$  – поворот в опоре под действием момента  $M = F \times l$ , радиан.