

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТНАЯ ОБОЛОЧКА ДЛЯ НУЖД ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

А.В. Данеев,
начальник учебного
отдела
ФГОУ ВПО ВСИ МВД
России

Н.Ю. Жигалов,
зам. начальника института
по научной работе
ФГОУ ВПО ВСИ
МВД России

С.Н. Шварц-Зиндер,
начальник кафедры
управления и надзора
в системе обеспечения
пожарной безопасности
ФГОУ ВПО ВСИ
МВД России

В статье исследованы возможности использования систем интеллектуальной поддержки при проведении пожарно-технических экспертиз.

In this paper the possible use of intellectual support during the fire and technical expertise¹.

Общее описание системы

Для решения вопросов, связанных с совершенствованием проведения пожарно-технических экспертиз, необходимо располагать, прежде всего, соответствующей информационной поддержкой. Несомненно, что эффективным средством совершенствования этого направления является применение новых информационных технологий, которое до настоящего времени носило локальный характер и имело ограниченно положительный эффект.

Во многом это объясняется отсутствием общей концепции информатизации, необходимых данных, научно обоснованных моделей и методик подготовки и принятия решения по организации деятельности, современной технологии, а также прогрессивных приемов организации и ведения работ по обеспечению пожарной безопасности в условиях применения новых информационных технологий.

В рамках исследования авторами решен ряд специализированных прикладных задач и получены некоторые промежуточные результаты [1-3]:

- разработаны механизмы вывода в базах знаний оперативно-советующих экспертных систем типовых ситуаций по вопросам пожарно-технического диагностирования;
- предложен метод обучения и адаптации системы поддержки принятия решений в области пожарно-технической диагностики;
- разработаны частные методики организации работы инженеров по знаниям и экспертов в области пожарной безопасности;
- в качестве механизма моделирования правдоподобных рассуждений в выбранной предметной области (техническое диагностирование в области пожарной безопасности) выбрана модальная логика как наиболее приемлемая;
- исследованы границы возможностей экспертов в области пожарно-

¹ Daneev A.V., Zhigalov N.Y., Schwarz-Zinder S.N. Diagnostic expert casing for the needs of information for fire-technical expertise.

технической экспертизы в задачах порядковой классификации. Предложены рекомендации по использованию иерархии критериев, выделению групп близких критериев, определению понятий, характерных для этих групп, построению иерархий классификации.

Предлагаемая диагностическая система задумана как программа, консультирующая пользователя при проведении пожарно-технических экспертиз. При выработке концепции системы учитывались следующие требования:

- программа должна давать заслуживающие доверие рекомендации, не уступающие по качеству рекомендациям, даваемым экспертом-человеком, и должна быть удобной в эксплуатации;

- программа должна быть ориентирована на приобретение и модификацию знаний;

- программа должна уметь вести диалог, в ходе которого она могла бы объяснить полученный ею результат.

Схема и способ функционирования системы подобны схеме и способу функционирования обобщенной экспертной системы. Рабочая память служит для хранения данных, полученных от блока оценки состояний (БОС) и промежуточных данных, выведенных в ходе работы блока принятия решений (БПР). База знаний хранит продукционные правила и факты об области технической экспертизы, а также продукции о целенаправленных действиях в случаях идентифицированных отказов. Управляющая компонента выполняет основную функцию системы – определение технического диагноза и выработка рекомендаций относительно методов поддержания функциональной живучести контролируемого объекта. Остальные программы выполняют служебные функции для обеспечения гибкости и удобства системы. Компонента анализа и синтеза обеспечивает обработку простых предложений входного (близкого к естественному) языка. Объяснительная компонента сообщает, почему и как программа вывода обрабатывает тот или иной символ и содержит блок выдачи (БВ), предназначенный для преобразования решений из внутренней формы представления в форму удобную для пользователя или (в случае автономного функционирования) исполнительного механизма.

Компонента приобретения знаний служит для наполнения и модификации знаний системы в ходе диалога с экспертом.

Остановимся кратко на принципах организации диалога "пользователь – система". Перспективной представляется адаптивная структура диалога, реализующего целевую функцию пользователя различными цепочками кадров (они названы "листами"). При работе с системой пользователь, с одной стороны, приобретает свободу в выборе цепочки кадров сценария диалога, а с другой – каждой траектории сетевого ГДП можно приписать категорию пользователей системы. При этом сложность ориентации в структуре диалога с системой предполагается преодолеть встроенной схемой служебных инструкций.

Состав знаний и способы их представления

Если решение задач в системе продукций сводится к поиску

решающего пути, то основной идеей редукционной системы является поиск доказательства того, что решение данной задачи выводится из решения совокупности ее подзадач. Другими словами, решение задачи в этой системе сводится к нахождению множества альтернативных совокупностей подзадач, каждая из которых дает решение задачи, затем множества альтернативных совокупностей подзадач и т.д. до тех пор, пока задача не станет разрешимой, т.е. решение всех ее подзадач не станет очевидным, или пока не будет доказано, что задача не имеет решения.

Знания о проблемной области представляются в виде фактов, правил (продукций) и фиксированной иерархии объектов. Знания, используемые системой, делятся на статические и динамические. Статические знания хранятся в базе знаний и не зависят от текущего состояния контролируемого объекта и конкретных операций по поддержанию его функциональной живучести. Они включают в себя сведения о штатном и нарушенном режимах функционирования объекта, методах и способах устранения отказов, сведения об иерархии объектов. Динамические знания включают в себя активные факты и активные правила, т.е. факты и правила, использованные в ходе конкретного диалога.

Представление фактов. Все факты, получаемые системой от БОС, а также в процессе логического вывода в БПР организуются в тройки (атрибут – объект – значение) = (A, G, Z), где $Z \in \{0, 1, 2\}$. Ясно, что возможны три варианта принятия решения БПР для факта (A, G, Z):

(A, G, Z) = (A, G, 0) – атрибут A объекта G функционально вышел из строя;

(A, G, Z) = (A, G, 1) – режим работы объекта G по атрибуту A – штатный;

(A, G, Z) = (A, G, 2) – состояние атрибута A объекта G в БПР не определено.

Представление правил. Основным источником знаний о проблемной области являются продукционные правила. Язык правил может быть представлен в форме Бэнуса–Наура следующим образом:

< правило > :: == (ЕСЛИ < антецедент > ТО < консеквент >)

<антецедент> :: == ({ < функция > < условие > }+)

<функция> :: == (И) (ИЛИ)

< условие > :: == (< ассоциативная-тройка >)

< ассоциативная-тройка > :: == (A, G, 0) | (A, G, 1) | (A, G, 2)

< консеквент > :: == ({ < функция > < условие > }+) | (< процедура >).

В консеквенте правило указывается одно и более заключений (фактов или действий), которые должны выполняться, если предпосылка удовлетворена. Каждое правило является независимым фрагментом знаний о проблемной области, где в составе предпосылки в явном виде определены все условия применимости правила. На входе системы программа анализа и синтеза автоматически преобразует правило из внешней формы (фраз естественного языка) во внутренний формат. На выходе осуществляется обратное преобразование.

В связи с тем, что система оперирует в проблемной области, где рассуждения могут быть неточны, приближительны, необходим механизм, учитывающий данную особенность. Для такого учета выделены специальные

S-правила, отличающиеся от описанных выше лишь тем, что в целях учета неточности умозаключения, указываются весовые коэффициенты дизъюнктов, входящих в антецедент S-правила, и их условные вероятности в предположении, что совместно с фактом консеквента они удовлетворяют формуле полной вероятности, т.е. образуют полную группу событий. Отмеченные особенности увеличивают выразительные возможности правил, что весьма важно в связи с необходимостью указать в предпосылке все условия применимости правила.

Управляющий механизм

Обозначим через $(\Phi, >)$ линейно упорядоченное множество фактов, где $>$ – упорядочение, определяемое: а) естественной иерархией контролируемых объектов (внешний признак); б) иерархией атрибутов конкретного объекта (внутренний признак). Ясно, что Φ имеет дизъюнктивное разбиение $\Phi = \Phi_0(t) \cup \Phi_1(t) \cup \Phi_2(t)$, $\Phi_1(t) = \{(A, G, Z) : Z(t) = i\}$, $t \in [t_0, \infty)$.

Будем считать, что $\Phi_0(t) = \Phi_0(t_0) = \Phi_0^0$, $\Phi_1(t_0) = \Phi_1^0$, $\Phi_2(t_0) = \Phi_2^0$, и определяются БОС. Формально задача технической диагностики сложной функциональной системы средствами ЭС состоит в следующем: определить такую процедуру логического вывода, чтобы за конечный (в идеале за минимальный) интервал времени $[t_0, t_k]$ перевести множество $\Phi_2(t)$ из состояния $\Phi_2(t_0) = \Phi_2^0$ в $\Phi_2(t_k) = \emptyset$.

Рассмотрим $\Phi_2(t_0)$, как цепь $(\Phi, >)$ и пусть $(A_1, G_1, Z_1(t_0))$ минимальный элемент $\Phi_2(t_0)$, а N – длина цепи. Обозначим через $P_{a(i)}^{DT}$ множество антецедентов тех правил, консеквенты которых имеют вид $(A_i, G_i, 1)$. Соответственно, через $P_{a(i)}^{DF}$ – множество антецедентов правил, имеющих консеквент $(A_i, G_i, 0)$. Аналогично $P_{c(i)}^{DT}$ – множество консеквентов правил с антецедентом $(A_i, G_i, 1)$ и $P_{c(i)}^{DF}$ – множество консеквентов правил с антецедентом $(A_i, G_i, 0)$.

Пошаговая стратегия предлагаемого метода прямого логического вывода состоит в следующем: шаг 1 – множество $\Phi_2(t_{1-1})$ перевести в состояние:

$$\Phi_2(t_2) = \Phi_2(t_{1-1}) \setminus \{(A_1, G_1, 2)\}, (1 \leq N).$$

С этой целью в множествах $P_{c(l)}^{DF}$ и $P_{a(l)}^{DF}$ при исходных данных $\Phi_0(t_{1-1})$, $\Phi_1(t_{1-1})$, $\Phi_2(t_{1-1})$ необходимо проверить наличие формулы $P_i=1$; при выполнении в P_i операций (+) и (x) согласно [1]. В случае, если таковая формула $P_i=1$ имеется, то:

$$\begin{aligned} & \Phi_2(t_{1-1}) \setminus \{(A_1, G_1, 2)\}, \\ P_i \in P_{a(l)}^{DT} & \Rightarrow \Phi_1(t_i) = \Phi_1(t_{1-1}) \cup \{(A_1, G_1, 1)\}, \\ P_i \in P_{a(l)}^{DF} & \Rightarrow \Phi_0(t_i) = \Phi_1(t_{1-1}) \cup \{(A_1, G_1, 0)\}. \end{aligned}$$

Алгоритм обратного вывода. Пошаговая стратегия остается прежней, но усложняется процедура реализации.

Для исходных данных

$\Phi_1(t_{1-1}) \cup \{(A_1, G_1, 0)\}$, $\Phi_1(t_{1-1})$, $\Phi_2(t_{1-1}) \setminus \{(A_1, G_1, 2)\}$ проверяется наличие формулы $P_i=0$ на

всех множествах $P_{l(n)}^{DT}$ или $P_{l(n)}^{Df}$, имеющих одинаковый индекс nc каким-либо элементом (фактом) из $\Phi_1(t_{i-1})$ или $\Phi_0(t_{i-1})$, соответственно. Если таковая формула $P_i = 0$ имеется, то:

$$\begin{aligned}\Phi_2(t_i) &= \Phi_2(t_{i-1}) \setminus \{Al, Gl, 2\}, \\ \Phi_1(t_i) &= \Phi_1(t_{i-1}) \cup \{Al, Gl, 1\}.\end{aligned}$$

В противном случае подобная проверка повторяется, но уже для исходных данных – $\Phi_0(t_{i-1})$, $\Phi_1(t_{i-1}) \cup \{Al, Gl, 1\}$, $\Phi_2(t_{i-1}) \setminus \{Al, Gl, 2\}$.

В случае успеха поиска БПР фиксирует состояние:

$$\begin{aligned}\Phi_2(t_i) &= \Phi_2(t_{i-1}) \cup \{Al, Gl, 2\}, \\ \Phi_0(t_i) &= \Phi_0(t_{i-1}) \cup \{Al, Gl, 0\}.\end{aligned}$$

Так как пошаговые стратегии обоих методов совпадают, то при построении дедуктивной машины можно предусмотреть использование метазнаний, позволяющих адаптировать структуру БПР в соответствии с текущими условиями функционирования контролируемой системы.

Приобретение знаний

Для успешного выполнения поставленных выше задач в системе предложены и используются "листы структур данных" (для краткости называемые просто "листы"), рассматриваемые как устройство и язык для записи знаний о представлении. Язык листов является "тотальным", т.е. в нем должны быть описаны все сущности системы, используемые при представлении знаний. "Тотальность" языка делает возможной исчерпывающую проверку типов и определенный контроль за целостностью базы знаний. Заметим, что формат "листов" по существу является формой метазнаний (в то время конкретное наполнение листа используется для представления сущностей проблемной области, "листы", как кадры-меню используются для описания знаний о представлении, т.е. для описания сущности метауровня).

Широкое применение "листов" имеет ряд следствий. Во-первых, даже те компоненты, из которых строится некоторый "лист" должны быть примерами некоторого другого "листа". Во-вторых, так как мы потребовали, с одной стороны, чтобы "листы" были частью системы, а с другой – чтобы каждая сущность была примером некоторого "листа", то "листы" сами должны быть примером чего-то. Это что-то в системе называется "блок-схема". Перед тем как перейти к детальному описанию процесса приобретения базовых понятий, сформулируем основные идеи, характеризующие описываемый подход.

1. Способность системы к приобретению знаний и к управлению базой знаний в терминах эксперта обеспечивается тем, что в ней хранятся знания об ее собственном представлении.

2. Каждое из базовых понятий (знание о представлении), из которых строятся правила и другие структуры, рассматривается как расширенный тип данных. Каждый такой расширенный тип данных описывается "листом" структуры данных.

3. "Листы" обеспечивают язык и механизм для описания представления. Знания представляются в виде набора "листов", которые мо-

гут быть иерархически упорядочены. Знания могут рассматриваться в терминах различных уровней детальности:

- организация иерархии "листов";
- логическая структура "листа";
- информация о завершенности "листа". Знания могут классифицироваться также согласно различным уровням представления:

- примеры "листов";
- "листы";
- "блок-схема".

Изученный в пособии пример использования механизма вывода позволяет рассчитывать на успешное его использование в практике проектирования реальных баз знаний задач диагностики в выбранной предметной области (техническое диагностирование в области пожарной безопасности).

ЛИТЕРАТУРА

1. Данеев А.В., Русанов А.В., Шварц-Зиндер С.Н. Эскизный проект системы выявления возможных причин пожаров // Вестник ВСИ МВД России. Иркутск: ВСИ МВД РФ, 1999. С. 35-39.

2. Данеев А.В., Русанов В.А., Шварц-Зиндер С.Н. Программа выявления причин пожаров на объектах различного функционального назначения / Свидетельство "Роспатента" об официальной регистрации программы для ЭВМ, № 2003610590 от 27.02.03 г.

3. Шварц-Зиндер С.Н. Программа "Диагностика причин пожаров на объектах различного назначения" (ДПП) / Свидетельство "Роспатента" об официальной регистрации программы для ЭВМ, № 2007613483 от 16.08.07 г.