

Б. В. ДЗЮНДЗЮК, канд. техн. наук, *В. Я. ТЕРЗИАН*,
канд. техн. наук, *Л. В. СЕВЕРИНА*

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ДИАЛОГОВЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ОХРАНЫ ТРУДА НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКИ

Вопросам охраны труда в нашей стране уделяется большое внимание. На совещании в ЦК КПСС 14 ноября 1986 г. отмечалось, что активная, настойчивая работа в направлении решения этих вопросов во многом будет способствовать обеспечению четкого, бесперебойного функционирования общественного производства, закреплению позитивных сдвигов в народном хозяйстве, успешной реализации курса XXVII съезда КПСС на ускорение социально-экономического развития страны [1].

С переходом к широкому применению информатики и кибернетики во всех областях нашей жизни изменяется также характер подхода к различным проблемам, в том числе и проблеме охраны труда. На одно из главных направлений в области кибернетики выдвигается искусственный интеллект, который успешно решает проблему взаимодействия непрограммируемых пользователей и ЭВМ. В областях, где знания представлены в текстовой форме, а выводы делаются на основе человеческих рассуждений, сейчас интенсивно развиваются экспертные системы искусственного интеллекта, которые подкрепляют человеческую память и интенсифицируют способности человека к объективному выводу и умозаключениям [2].

Нами исследуются принципы построения экспертных систем применительно к проблеме охраны труда, продолжая предыдущие исследования [3]. Цель работы — анализ возможности использования аппарата дискретной математики для описания знаний подобных систем и механизмов обработки этих знаний. Создаваемая экспертная система должна иметь набор знаний,

позволяющих в результате анализа производства с точки зрения наличия производственных вредностей, а также анализа состояния здоровья работающих на производстве людей определить набор средств защиты и лечебных воздействий на организм, которые позволят длительно сохранять трудоспособность на данном рабочем месте или восстанавливать утраченную.

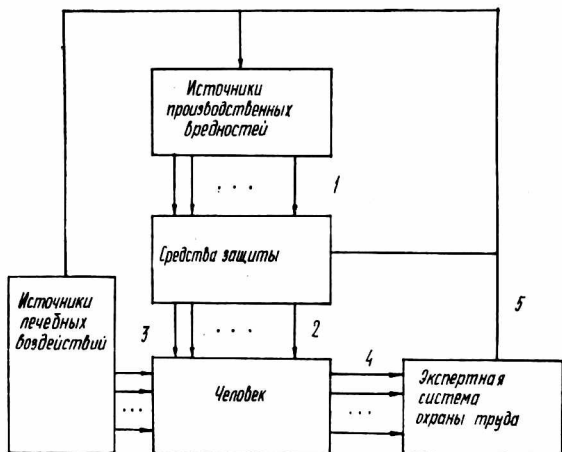


Схема управления процессами охраны труда представлена на рисунке, где 1 — вредные воздействия на выходе источника; 2 — результат прохождения воздействий через систему защиты; 3 — лечебные воздействия (лечебно-профилактические мероприятия); 4 — параметры, характеризующие состояние здоровья человеческого организма; 5 — управляющие воздействия экспертной системы на другие системы на основе анализа состояния здоровья человека с целью удержания параметров, характеризующих это состояние в допустимых пределах.

В данной работе не рассматриваются количественные оценки входных и выходных параметров отдельных блоков приведенной схемы, берется лишь один логический признак наличия или отсутствия заданного параметра. С этим допущением в работе предлагается для представления знаний системы о вредных воздействиях, средствах защиты, лекарственных препаратах, человеку и об их взаимосвязи использовать уравнения алгебры логики.

Обозначим через R_1, R_2, \dots, R_z признаки трудоспособности человека для конкретных видов работы:

$$R_i = \begin{cases} 1, & \text{если в данной ситуации человека по состоянию здоровья можно допустить к } i\text{-й работе;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Пусть x_1, x_2, \dots, x_n — признаки функциональных расстройств организма человека:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-е расстройство имеет место у человека;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Существует некоторая логическая взаимосвязь между признаками трудоспособности и признаками функциональных расстройств:

$$R_i = F_i^1(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

где F — некоторая логическая функция. Для записи данной функции берется дизъюнкция различных комбинаций функциональных расстройств, приводящих к потере трудоспособности для выполнения данной работы, и составляет общее отрицание. Например, функция $R_1 = x_1 x_3 \vee x_2 x_4$ означает, что человек не может быть допущен к работе R_1 , если у него обнаружены функциональные расстройства x_1, x_3 или расстройства x_2, x_4 .

Пусть y_1, y_2, \dots, y_m — признаки наличия симптомов, определяющих функциональные расстройства:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если у человека выявлен } i\text{-й симптом;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Существует некоторая логическая взаимосвязь между признаками функциональных расстройств человеческого организма и признаками выявленных симптомов:

$$x_i = F_i^2(y_1, y_2, \dots, y_m). \quad (2)$$

Для записи данной функции берется дизъюнкция различных комбинаций симптомов, характеризующих данное функциональное расстройство. Например, $x_1 = y_1 y_2 y_3 \vee y_2 y_3 y_4$ означает, что функциональное расстройство x_1 имеет место, если выявлены симптомы y_1, y_2 и y_3 или симптомы y_2, y_3 и y_4 .

Пусть $y_1^0, y_2^0, \dots, y_m^0$ — признаки того, что соответствующие симптомы имели место у человека еще до начала воздействия на него:

$$y_i^0 = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й симптом имел место у человека еще до} \\ & \text{начала воздействия;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Пусть z_1, z_2, \dots, z_k — признаки наличия в данной ситуации вредных воздействий на человека:

$$z_i = \begin{cases} 1, & \text{если имеет место } i\text{-е воздействие;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Пусть L_1, L_2, \dots, L_l — признаки использования лечебных воздействий на человека:

$$L_i = \begin{cases} 1, & \text{если используется } i\text{-е лечебное воздействие;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Существует логическая взаимосвязь между признаками наличия симптомов и признаками исходных симптомов, признаками вредных и лечебных воздействий:

$$y_i = F_i^3(y_i^0, z_1, z_2, \dots, z_k, L_1, L_2, \dots, L_l). \quad (3)$$

Для записи данной функции берется дизъюнкция факторов, определяющих наличие данного симптома, и умножается на

отрицание дизъюнкции факторов, подавляющих данный симптом.

Например, запись $y_1 = (y_1^0 \vee z_1 \vee z_2 z_3) \cdot \overline{(L_4 \vee L_1 L_2 \vee L_2 L_3)}$ означает, что симптом y_1 появляется у человека, если он был у него еще до начала воздействия или имеет место воздействие z_1 или воздействия z_2 и z_3 ; при этом симптом y_1 может быть ликвидирован лечебным воздействием L_4 или одной из комбинаций лечебных воздействий: L_1 , L_2 или L_2 , L_3 .

Пусть $z_1^0, z_2^0, \dots, z_k^0$ — признаки наличия источников вредных воздействий:

$$z_i^0 = \begin{cases} 1, & \text{если имеется источник } i\text{-го воздействия;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Пусть p_1, p_2, \dots, p_t — признаки использования средств защиты:

$$p_i = \begin{cases} 1, & \text{если используется } i\text{-е средство защиты;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Существует логическая взаимосвязь между признаками наличия вредных взаимодействий и признаками наличия источников воздействий и средств защиты:

$$z_i = F_i^4(z_i^0, p_1, p_2, \dots, p_t). \quad (4)$$

Для записи данной функции берется произведение признака наличия источника соответствующего воздействия и отрицания дизъюнкции наборов средств, подавляющих данное воздействие.

Например, запись $z_1 = z_1^0 \overline{(p_1 p_2 \vee p_3)}$ означает, что воздействие z_1 имеет место, если есть источник этого воздействия, а также, что данное воздействие можно подавить, используя одну из комбинаций средств защиты: p_1 , p_2 или p_3 .

Пусть $L_1^0, L_2^0, \dots, L_l^0$ — признаки наличия источников лечебных воздействий (лекарственных препаратов, процедур и т. п.):

$$L_i^0 = \begin{cases} 1, & \text{если имеется источник } i\text{-го лечебного воздействия;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Существует логическая взаимосвязь между признаками использования лечебных воздействий, признаками наличия их источников и признаками наличия симптомов (противопоказаний к использованию данного лечебного воздействия)

$$L_i = F_i^5(L_i^0, y_1, y_2, \dots, y_m). \quad (5)$$

Для записи данной функции берется произведение признаков наличия источника соответствующего лечебного воздействия и отрицания дизъюнкции симптомов, которые являются противопоказаниями к использованию конкретных лечебных воздействий.

Например, запись $L_1 = L_1^0 \overline{y_1 \vee y_2}$ означает, что L_1 окажет лечебное воздействие, если имеется источник данного воздействия и отсутствуют противопоказания (симптомы y_1 и y_2) к использованию этого воздействия.

Пусть $p_1^0, p_2^0, \dots, p_i^0$ — признаки наличия соответствующих средств защиты:

$$p_i^0 = \begin{cases} 1, & \text{если имеется } i\text{-е средство защиты;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Существует логическая взаимосвязь между признаками использования средств защиты, признаками их наличия и симптомами, которые являются противопоказаниями к использованию конкретных средств защиты:

$$p_i = F_i^6(p_i^0, y_1, y_2, \dots, y_m). \quad (6)$$

Данная функция записывается аналогично (5). Например, $p_1 = p_1^0 \bar{y}_3$ означает, что средство защиты p_1 может быть использовано, если оно имеется в наличии и нет противопоказания y_3 к его использованию.

Любой технологический процесс и состояние здоровья работающих на данном производстве людей легко могут быть формально описаны системами уравнений (1)—(6). Интерес представляет проектируемая возможность автоматического перехода от декларативного описания обстановки к формальным записям (1)—(6).

Системы уравнений (1)—(6), составленные для конкретных производств, позволяют диалоговой экспертной системе при выяснении ею некоторых исходных данных решать ряд важных задач охраны труда. В соответствии с определяемыми признаками, задачи, решаемые экспертной системой охраны труда, можно разбить на 7 классов: анализа трудоспособности, медицинской диагностики, выбора средств защиты, назначения лечебных воздействий, анализа технологического процесса, медицинского прогнозирования, комбинированные задачи.

Рассмотрим примеры решения некоторых задач.

Задача 1. Пусть знания экспертной системы представлены уравнениями:

$$R_1 = \overline{x_1 x_3 \vee x_2 x_4}; \quad R_2 = \bar{x}_2;$$

$$x_1 = y_1 y_3 \vee y_1 y_4; \quad x_2 = y_2 y_4;$$

$$x_3 = y_1 y_5 \vee y_1 y_2; \quad x_4 = y_5.$$

Результаты тестирования человека $y_1=1; y_2=1; y_3=1; y_4=0; y_5=0$. Требуется определить, к какой из работ R_1 или R_2 допустить этого человека.

Получаем

$$x_1 = 1 \cdot 1 \vee 1 \cdot 0 = 1; \quad x_2 = 1 \cdot 0 = 0; \quad x_3 = 1 \cdot 0 \vee 1 \cdot 1 = 1; \quad x_4 = 0;$$

$$R_1 = \overline{1 \cdot 1 \vee 0 \cdot 0} = \bar{1} = 0; \quad R_2 = \bar{0} = 1,$$

т. е. данного человека можно допустить к работе R_2 , но нельзя допускать к R_1 .

Задача 2. Известны воздействия, имеющие место на данном производстве. Определить, сможет ли человек с заданным

начальным состоянием здоровья без использования лечебных воздействий и средств защиты сохранить работоспособность в условиях данного производства. К уравнениям из предыдущего примера добавлены следующие уравнения:

$$y_1^0 = y_2^0 = y_3^0 = y_4^0 = y_5^0 = 0; \quad y_1 = y_1^0 \vee z_1 z_5 \vee z_2 z_3;$$

$$y_2 = y_2^0 \vee z_1 z_2; \quad y_3 = y_3^0 \vee z_1 z_4 \vee z_1 z_3;$$

$$y_4 = y_4^0 \vee z_4 z_5 \vee z_2; \quad y_5 = y_5^0 \vee z_2 z_4 \vee z_3 z_5;$$

$$z_1 = z_4 = 0; \quad z_2 = z_3 = z_5 = 1.$$

Получаем

$$y_1 = 0 \vee 0 \cdot 1 \vee 1 = 1; \quad y_2 = 0 \vee 0 \cdot 1 = 0; \quad y_3 = 0 \vee 0 \cdot 0 \vee 0 = 0;$$

$$y_4 = 0 \vee 0 \cdot 1 \vee 1 = 1; \quad y_5 = 0 \vee 1 \cdot 0 \vee 1 \cdot 1 = 1;$$

$$x_1 = 1 \cdot 0 \vee 1 \cdot 1 = 1; \quad x_2 = 0 \cdot 1 = 0; \quad x_3 = 1 \cdot 1 \vee 1 \cdot 0 = 1; \quad x_4 = 1;$$

$$R_1 = \overline{1 \cdot 1 \vee 1 \cdot 1} = 0; \quad R_2 = \overline{0} = 1.$$

Значит, без защиты при идеальном начальном состоянии здоровья в условиях данных воздействий человек может сохранять трудоспособность к работе R_2 и не может — к работе R_1 .

Аналогично решаются многие другие задачи. Несмотря на отсутствие количественных оценок для рассматриваемых параметров, экспертная система, базирующаяся на приведенном выше аппарате, может выдавать ряд ценных рекомендаций по организации процессов охраны труда. Перспективой дальнейшей разработки является придание экспертной системе возможности количественной оценки параметров, характеризующих процессы охраны труда.

Список литературы: 1. Информационное сообщение о совещании в Центральном Комитете КПСС//Правда. 1986. 16 нояб. 2. Поспелов Г. С. Социальные и методологические проблемы информатики, вычислительной техники и средств автоматизации//Вопр. философии. 1986. № 9. С. 23. 3. Дзюндзюк Б. В., Терзиян В. Я. Принципы построения интеллектуального обучаемого естественно-языкового интерфейса для решения задач борьбы с профессиональными заболеваниями//Пробл. бионики. 1988. № 40. С. 46—52.

Поступила в редколлегию 20.10.87