

УДК 004.9

Н.В. Даценко

**АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ ПРОЦЕДУРА НЕТОЧНОГО ВЫВОДА
ЭКСПЕРТНЫХ ЗАКЛЮЧЕНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
КОНСУЛЬТАТИВНОЙ СИСТЕМЕ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ
ТРАВМАТОЛОГИИ**

Воронежский институт МВД России

Предлагается алгоритмическая процедура вывода экспертных заключений в автоматизированной консультативной системе судебно-медицинской травматологии, позволяющая оперативно формировать достоверные выводы на основе неполной и/или неточной следственной информации.

Ключевые слова: автоматизированная консультативная система судебно-медицинской травматологии, база знаний, продукционная модель, процедура неточного вывода экспертных заключений.

Основной задачей судебно-медицинской травматологии (СМТ) является установление взаимосвязи между расстройством здоровья и телесным повреждением, причиненным каким-либо внешним фактором (физическим, химическим, биологическим). Вопросы СМТ решаются специалистом в условиях неполноты и/или неточности исходной следственной информации. Неполнота априорных данных объясняется тем, что организм каждого человека индивидуален, в связи с чем при воздействии внешних факторов могут проявиться не все характерные симптомы, и, наоборот, наличие свидетельств, указывающих, например, на действие химических веществ может быть обусловлено обострением хронических заболеваний у пострадавшего. Неточность информации связана с тем, что многие симптомы характерны для целого ряда внешних воздействий, но играют разную диагностическую роль для каждого из них [1]. Особенности априорных следственных данных приводят к тому, что увеличивается вероятность совершения ошибок при постановке судебно-медицинского диагноза и снижается оперативность формирования выводов.

Указанные проблемы экспертной практики могут быть решены путем использования современной вычислительной техники и соответствующего программного обеспечения, в частности, автоматизированной консультативной системы (АКС), позволяющей уменьшить влияние субъективных факторов (например, квалификации эксперта) на процесс вывода заключения, увеличить скорость поиска и обработки данных, и, тем самым, повысить достоверность решений и оперативность их получения.

При разработке АКС необходимо учитывать, что эксперт составляет заключение, применяя как теоретические знания из области СМТ, так и

практический опыт, т.е. эвристические правила. В этой связи для автоматизации процесса формирования судебно-медицинских диагнозов в области травматологии целесообразно использование принципов искусственного интеллекта, позволяющих решать сложноформализуемые задачи.

В информационное обеспечение АКС предлагается включить автоматизированный банк данных (АБД) и базу знаний (БЗ), содержащие соответственно декларативную и процедурную информацию предметной области. Разделение данных и знаний позволяет использовать АБД для вывода справочной информации по запросу пользователя, что также повышает эффективность процесса производства экспертизы, поскольку дает возможность специалисту получать необходимые сведения при возникновении затруднений при постановке судебно-медицинского диагноза.

Учитывая необходимость постоянного обновления и изменения данных предметной области, связанную, например, с появлением новых методов исследований, для проектирования базы данных АБД предлагается использовать реляционную модель, обладающую большими возможностями манипулирования данными и способностью организации ассоциаций «многие-ко-многим». Применение указанной модели упрощает, кроме того, разработку и использование АКС в экспертной практике в связи с широким распространением реляционных систем управления базами данных.

При проектировании БЗ прежде всего возникает проблема выбора наиболее адекватной модели представления процедурных знаний. Исходя из особенностей процесса формирования диагноза в области СМТ, сформулируем требования, которым должна отвечать модель процедурных знаний предметной области [2]:

- обеспечение возможности модификации одних знаний относительно независимо от других (например, в связи с расширением номенклатуры химических веществ);
- сокращение времени поиска информации для повышения оперативности формирования экспертных заключений.

Очевидно, что указанным выше требованиям отвечает продукционная модель, которая наиболее часто используется в интеллектуальных системах для представления знаний.

Продукции в базе знаний АКС целесообразно представить в виде [3]:

$$Pr = \langle \text{num}_{Pr}; L; A \Rightarrow h; MD_{Pr}; MND_{Pr} \rangle, \quad (1)$$

где num_{Pr} – имя продукции (в его качестве предлагается использовать порядковый номер продукции в БЗ); L – сфера применения продукции, т.е. область СМТ («воздействие химических факторов»),

«воздействие физических факторов», «воздействие биологических факторов»); $A \Rightarrow h$ – ядро продукции, где $A = \{A_n\}$, $n = \overline{1, N}$ – множество посылок, описывающих некоторую ситуацию, $h = \{h_j\}$, $j = \overline{1, J}$ – множество гипотез, которые рассматриваются в процессе логического вывода, если посылки будут удовлетворены; MD_{Pr} и MND_{Pr} – соответственно мера доверия и мера недоверия гипотезе h_j , выводимой из данной продукции, при условии истинности посылок.

Интерпретацией ядра продукции является выражение:

$$\text{ЕСЛИ } A_1 \text{ и/или...}A_n, \text{ ТО } h_j. \quad (2)$$

Для получения значений MD_{Pr} и MND_{Pr} предлагается использовать метод направленного опроса специалистов: из совокупности продукций отбираются продукции с одинаковым значением L и объединяются в множества; экспертам предлагается заполнить анкеты, в которых необходимо оценить k входных переменных (посылок продукций) в зависимости от их значимости для истинности (при назначении MD_{Pr}) или ложности (при назначении MND_{Pr}) выводимой гипотезы, т.е. каждый специалист присваивает всем переменным определенные ранги: наименее значимой переменной – наименьший ранг (равный 1), наиболее значимой – наибольший (равный k). Таким образом формируется матрица ранжирования, по данным которой производится оценка согласованности экспертов с помощью коэффициента конкордации Кендалла. В случае принятия гипотезы о наличии согласия эксперты дают оценку MD_{Pr} (или MND_{Pr}) продукции, посылкам которой присвоена наибольшая сумма рангов; остальные значения MD_{Pr} (или MND_{Pr}) рассчитываются пропорционально этой оценке и полученной сумме рангов, исходя из того, что мера доверия и мера недоверия принимают значения в интервале $[0; 1]$. Например, из описания продукции «102; воздействие химических факторов; ЕСЛИ имеются химические ожоги И они имеют черноватую окраску ТО отравление серной кислотой; 0,9; 0,05» следует, что, по мнению специалистов, при наличии данных симптомов мера доверия гипотезы «причиной отравления является серная кислота», выводимой из данной продукции, составляет величину, равную 0,9, а мера недоверия – величину, равную 0,05.

Структурируем базу знаний АКС, представив ее в виде совокупности множеств, элементами каждого из которых являются продукции, относящиеся к определенной области судебно-медицинской травматологии [1]:

$$Q = \{q_s\}, s = \overline{1, 3}, t = \overline{1, T}, \quad (3)$$

где s – порядковый номер множества; t – порядковый номер продукции, принадлежащей множеству s номером s .

Предлагается упорядочить продукции внутри каждого множества q_{s_t} по степени детализации следственной априорной информации – от общей (например, данных, полученных после осмотра места происшествия) к специфической (результатов судебно-химических, судебно-биологических исследований, вскрытия и т.п.). Таким образом исключаются дополнительные экспертизы в том случае, когда можно сформировать достоверное заключение на основе уже рассмотренных продукции; тем самым уменьшаются материальные затраты и обеспечивается оперативность получения выводов [4].

Как указано выше, в процессе проведения судебно-медицинской экспертизы в области травматологии специалисту довольно часто приходится принимать решения на базе неполной и/или неточной следственной информации. Поэтому экспертное заключение не всегда может быть сформировано с полной (100%-ной) уверенностью. В связи с этим предлагается использовать в АКС эффективную процедуру неточного вывода экспертной системы MYCIN, для чего с каждой продукцией базы знаний необходимо связать коэффициент надежности (КН), а с каждой посылкой - коэффициент уверенности (КУ), выражающие соответственно большую (или меньшую) достоверность продукции и посылки. Коэффициент уверенности является динамической величиной, назначается пользователем в процессе логического вывода в зависимости от имеющихся следственных данных и принимает значение в интервале $[0;1]$. Для вычисления коэффициента надежности продукции используется следующая формула [5]:

$$КН_{Pr} = МД_{Pr} - МНД_{Pr}. \quad (4)$$

Таким образом, учитывая вышесказанное, выражение (1) примет вид:
 $Pr = \langle \text{num}_{Pr}; L; \text{ЕСЛИ } A_1(KY_1) \text{ и/или...} A_n(KY_n), \text{ТО } h_j; МД_{Pr}; МНД_{Pr} \rangle. \quad (5)$

Комбинации посылок A_1 и/или... A_n представим в виде множества $B = \{b_r\}$, $r = \overline{1, R}$, а все известные на данный момент свидетельства - в виде множества $E = \{e_\omega\}$, $\omega = \overline{1, \Omega}$ [1]. При поступлении свидетельства e_ω в рабочую память системы осуществляет просмотр базы знаний с целью выявления продукции, посылки которой совпадают с e_ω . Если такая продукция найдена, то коэффициент уверенности m -й гипотезы с учетом свидетельства e_ω вычисляется с помощью выражения:

$$КУ_{h_m}[e_\omega] = КН_{Pr}[e_\omega] \cdot КУ_{b_r}[e_\omega], \quad (6)$$

где $КН_{Pr}[e_\omega]$ – коэффициент надежности продукции, посылки которой совпадают с e_ω ; $КУ_{b_r}[e_\omega]$ – обобщенный коэффициент

уверенности посылки b_r , совпадающей с e_ω , который определяется следующим образом:

1) если в r -й продукции имеется операция конъюнкции $A_1(KY_1)И...A_n(KY_n)$, то

$$KY_{b_r}[e_\omega]=\min(KY_1,\dots,KY_n); \quad (7)$$

2) если используется дизъюнкция $A_1(KY_1)ИЛИ...A_n(KY_n)$, то

$$KY_{b_r}[e_\omega]=\max(KY_1,\dots,KY_n). \quad (8)$$

При появлении дополнительной информации (свидетельства e_λ , $\lambda=\overline{1,\Omega}$), указывающей в пользу m -й гипотезы, коэффициент уверенности вычисляется с помощью выражения [1,5]:

$$KY_{h_m}[e_\omega,e_\lambda]=KY_{h_m}[e_\omega]+KY_{h_m}[e_\lambda]\cdot(1-KY_{h_m}[e_\omega]), \quad (9)$$

где свидетельство e_λ следует за e_ω ; $KY_{h_m}[e_\lambda]$ определяется по формуле (6).

При применении выражения (9) эффект, оказанный e_λ на гипотезу h_m при данном свидетельстве e_ω , заключается в смещении KY_{h_m} в сторону полной определенности на величину, зависящую от второго свидетельства. Очевидно, что коэффициент уверенности гипотезы принимает значения в интервале $[0;1]$. Согласно мнениям экспертов, всякий факт, для которого коэффициент уверенности ≤ 0.2 , рассматривается как малонадежный, и гипотеза может быть отвергнута. По окончании процесса вывода заключения пользователю выдается сообщение о результатах диагностики.

Проектирование АКС предлагается осуществить в среде программирования Delphi, что обусловлено следующими причинами: возможностью использования «стандартного» технического и программного обеспечения (персонального IBM-совместимого компьютера и операционной системы Windows); требованием сравнительно небольших объемов оперативной памяти и жесткого диска при функционировании АКС, так как для работы системы необходим только процессор баз данных – Borland Database Engine; возможностью использования технологии объектно-ориентированного программирования, позволяющей осуществлять модификацию одних программных модулей относительно независимо от других и наследовать информацию, что приводит к уменьшению временных и материальных затрат на разработку и модернизацию системы.

Предлагаемая алгоритмическая процедура неточного вывода в автоматизированной консультативной системе судебно-медицинской травматологии позволяет увеличить достоверность заключений, полученных на основе большого объема неполных и/или неточных следственных данных, и повысить оперативность формирования диагнозов

за счет снижения влияния субъективных факторов и применения вычислительной техники в экспертной практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбатенко С.А. Формирование экспертных заключений в автоматизированной консультативной системе судебно-медицинской травматологии на основе неопределенной априорной информации / С.А. Горбатенко, Н.В. Даценко // IV Международная научно-практическая конференция «Современные информационные технологии и ИТ-образование». – М.: МГУ им. Ломоносова, 2009. URL: <http://2009.it-edu.ru/pages/Conference-works> (дата обращения: 17.02.2015)
2. Горбатенко С.А. Представление знаний в проблемно-зависимой информационной базе гуманитарной экспертной системы / С.А. Горбатенко, Н.В. Даценко // Вестник Воронежского института МВД России, №1. - 2007. - С. 137-140.
3. Искусственный интеллект: в 3 кн. Кн. 2. Модели и методы / под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
4. Прасолов Б.Н. Логический вывод в автоматизированной консультативной системе медико-криминалистической экспертизы отравлений / Б.Н. Прасолов, Н.В. Даценко // Информационные технологии. - № 6. – 2005. – С. 68-71.
5. Брукинг А. Экспертные системы. Принципы работы и примеры: Пер. с англ. / А. Брукинг, П.Джонс, Ф.Кокс; Под ред. Р.Форсайта. М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.

N.V. Datsenko

EXPERT'S REPORTS FUZZY DEDUCTION ALGORITHMIC PROCEDURE IN THE FORENSIC TRAUMATOLOGY COMPUTER- BASED CONSULTATIVE SYSTEM

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of the Russian Federation

The expert's reports deduction algorithmic procedure in the forensic traumatology computer-based consultative system is proposed, it makes possible to form promptly the adequate conclusions on the base of incomplete and/or inexact investigative data.

Keywords: forensic traumatology computer-based consultative system, knowledge base, production model, expert's reports fuzzy deduction procedure.