ФОРМАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ТИПА "MYCIN"

В.П. Голиков

Институт проблем передачи информации РАН, Большой каретный пер., 19, Москва, 101447, РОССИЯ, vishn@iitp.ru

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена формальному анализу свойств экспертных систем, оперирующих с коэффициентами доверия к гипотезам, вытекающим из фактов. Приводится аксиоматическое построение двухпозиционной логики, описывающее логические отношения между фактами и гипотезой. Устанавливается соответствие между логической формой гипотезы и двухполюсным графом. Вводятся аксиомы метрики на логике и анализируются их свойства. Доказывается каким ограничениям должна удовлетворять логическая форма и граф гипотезы, чтобы численное значение метрической формы вычислялось однозначно.

1. ВВЕДЕНИЕ

Экспертные системы (ЭС) являются важным подклассом систем искусственного интеллекта. При принятии решения многие экспертные системы оперируют с так называемым "коэффициентом доверия" (КД). Механизм назначения КД представляет собой эмпирический метод, специально подбираемый для конкретной предметной области [1]. В простейшем случае как, например, в системе "MYCIN" [1] КД изменяется от -1 до +1. Положительные числа выражают доверие к гипотезе, выведенной из фактов, а отрицательные - соответствуют уменьшению доверия. Несмотря на значительный практический опыт в создании экспертных систем, использующих КД, на часть вопросов теоретического характера до настоящего времени нет удовлетворительных ответов. В частности, в [1]отмечается что "в модели КД должны быть независимыми условные вероятности фактов при данной гипотезе и при её отрицании. Вторая проблема связана с тем , что в этой модели не допускаются сети не древовидного типа. Третья проблема в таких системах, как " MYCIN", - это отсутствие чёткого операционного определения, которое могло бы лечь в основу вывода КД ".

Ниже предлагается вариант формального описания экспертных систем, использующих КД, анализируются их свойства, а так же даются ответы на причины появления упомянутых выше проблем.

2. ФОРМАЛЬНАЯ ЛОГИКА ОПИСАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Каждому факту, с которым оперирует ЭС при выводе гипотез, соответствует одна из логических переменных A_i или B_j. Набор переменных A_i образует "логику недоверия А", а Bj – "логику доверия В". Логика А и логика В суть равноправные логики с классическими правилами дизъюнкции, конъюнкции и отрицания булевой алгебры. через $И_A$, $Л_A$, $И_B$, $Л_B$ далее будем обозначать истинные и ложные события (логические константы) алгебры А и В соответственно. Для упрощения записей вместо используемых символов дизъюнкции - "V" и конъюнкции -"&" будем употреблять знак суммы – "+" и знак произведения – "*", причём последний иногда будем опускать, если соответствующая запись не приводит к неоднозначности понимания. Знак равенства – "=" используется ниже как отношение эквивалентности.

Введём специальную двухпозиционную логику "А - В", в которой хотя и присутствует дополнительный специальный символ "Л" - ложь, дополнительный символ истинности (кроме $И_A$ и $И_B$), отсутствует. Таблицы истинности логики А-В получаются в результате использования следующих аксиом.

Аксиомы логической суммы:

1. $И_A+И_B=Л$
2. $И_A+Л_B=И_A$
3. $Л_A+Л_B=Л$

Аксиомы логического произведения:

4. ИА*ИВ=Л
5. ИА*ЛВ=ЛВ
6. ЛА*ЛВ=Л

Аксиомы 1...6 считаем справедливыми так же, если $Л_A$ и $Л_B$ заменены на Л.

Аксиомы отрицания имеют смысл лишь в рамках изолированных логик А и В и имеют традиционный вид:

Отрицание для Л не определено.

Все приведённые аксиомы считаем так же справедливыми, если в них нижние значки "A" и "B" заменить на "B" и "A" соответственно. Считаем так же, что операция логической суммы и произведения коммутативны относительно входящих в них констант.

Содержательно логическая сумма соответствует объединению независимых фактов, а произведение - факту на фоне другого факта.

Смысловое содержание введённых аксиом прояснится позже, после введения метрики для логики A-B.

3. Соответствие между графом и логической формой гипотезы

Совокупность фактов и гипотез в общем случае может быть представлена многополюсным по входу и выходу графом. При этом отдельные гипотезы в этом графе могут иметь общие элементы.

Один из возможных таких графов представлен на Рис.1.

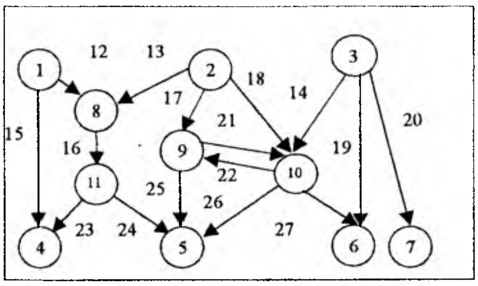

Рисунок 1. Исходный граф совокупностей фактов и гипотез

Каждой ориентированной дуге на Рис.1 соответствует некоторый факт, а каждому узлу - полюс отправления или полюс прибытия некоторой гипотезы. Множество дуг графа (или частичного графа), заключённых между полюсами отправления и прибытия гипотезы образуют совокупность фактов этой гипотезы. Так, для гипотезы, в которой полюсом отправления на Рис. 1 выступает узел 3, а полюсом прибытия - узел 6 (гипотеза 3-6), множество фактов образуют дуги 14, 19, 27 (циклы в расчёт не принимаются).

Если принять, что в графе каждой отдельной гипотезы всегда имеется лишь один полюс отправления и один полюс прибытия, то граф показанный на Рис.2, в котором гипотезы 1-4, 2-5, 3-6 и 3-7 разделены, эквивалентен исходному графу, представленному на Рис.1. Гипотеза, образованная частичным графом некоторого исходного графа, далее считается внутренней гипотезой графа. Так гипотеза 8-11 является внутренней гипотезой гипотез 2-5 и 1-4.

Если бы мы захотели, чтобы весь граф на Рис.1 изображал одну единственную гипотезу, для этого необходимо было бы все полюса отправления1, 2 и 3 слить (объединить) в один единственный полюс отправления, равно как и полюса прибытия 4, 5, 6 и 7- в единственный полюс прибытия. Все дальнейшие рассуждения ведутся применительно к одной гипотезе, заданной двухполюсным графом.

Каждой дуге (факту) графа гипотез поставим в соответствие одну из переменных, A_i, $\overline{A_i}$, B_j или $\overline{B_j}$ логики A-B. Любую из указанных переменных при рассуждениях общего порядка будем обозначать через C_i. Узлу графа не ставится в соответствии никакая конкретная переменная, он «прозрачен» в рамках логики A-B, хотя в рамках каждой отдельной логики A и B он эквивалентен константам $И_A$ и $И_B$ соответственно. Далее последовательному соединению элементов в исходном графе гипотезы будет соответствовать логическое произведение переменных C_i, а параллельному – их сумма. Полученную из исходного графа логическую форму в логике A-B будем называть логической формой гипотезы (ЛФГ) и обозначать $H_{l\text{-}k}(C)$ или $H_{l\text{-}k}(A)$, $H_{l\text{-}k}(B)$ и $H_{l\text{-}k}(A,B)$, если переменные логики A-B конкретизированы. Значки l-k обозначают номера полюса отправления и прибытия исходного графа.Так, для гипотезы 3-6 графа Рис.2 ЛГФ имеет вид:

$$H_{3\text{-}6}(C)=(C_{14}*C_{27}+C_{19}). \qquad (1)$$

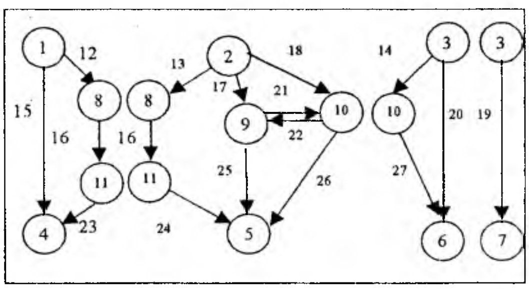

Рисунок 2. Граф с разделёнными гипотезами

Для параллельно-последовательного графа гипотезы, в которой никакой элемент не повторяется дважды, её ЛФГ записывается вполне однозначно с использованием знаков «+», «*» и круглых скобок. При этом в записи ЛФГ типа (1) никакая переменная C_i в этом случае не будет повторяться дважды. В общем же случае,

(1) никакая переменная C_i в этом случае не будет повторяться дважды. В общем же случае, для графов с мостиковыми связями ЛФГ определяется как логическая сумма всех возможных путей графа, каждый из которых представляет произведение логических переменных, образующих путь от полюса отправления к полюсу прибытия графа гипотезы.

Так, для гипотезы 2-5 графа Рис.2 ЛФГ имеет вид:

$$H_{2\text{-}5}(C)=C_{13}*C_{16}*C_{24}+C_{17}*C_{25}+C_{18}*C_{26}+ \\ +C_{17}*C_{21}*C_{26}+C_{18}*C_{22}*C_{25}\,. \qquad (2)$$

В выражении (2) часть переменных Ci можно вынести за скобки, но повтор некоторых индексов сохранится. При этом вынесение переменных за скобки можно осуществить не менее чем двумя способами. Так (2) можно переписать в виде:

$$H_{2\text{-}5}(C)=C_{13}*C_{16}*C_{24}+C_{17}*(C_{25}+C_{21}*C_{26})+ \\ +C_{18}*(C_{26}+C_{22}*C_{25}). \qquad (3)$$

Граф, соответствующий выражению (3), показан на Рис.3.

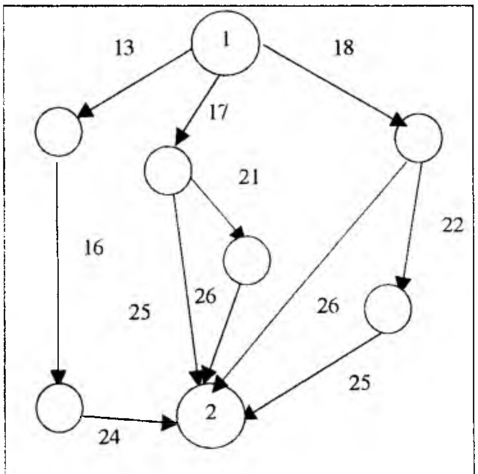

Рисунок 3. Параллельно-последовательный граф гипотезы, полученный из графа с мостиковыми связями

При этом вопрос о номерах промежуточных узлов в графе Рис.3 не имеет принципиального значения.

Таким образом, любой граф гипотезы может быть преобразован в параллельно–последовательный, возможно и с повторяющимися (зависимыми) элементами в путях графа. При этом, процесс преобразования ЛФГ графов с мостиковыми связями не однозначен.

4. Метрика на логике А-В

Метрика на логике А (далее «метрика логики А») задаётся на промежутке {-1;0}, а В на промежутке {0;1}. Положение метрик логик А и В показано на Рис. 4.

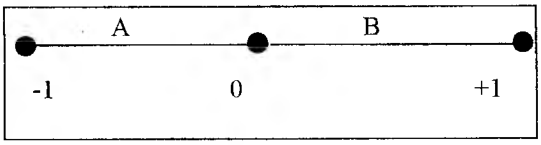

Рисунок 4. Положение метрик логики А и В на числовой оси

Метрическую форму гипотезы (МФГ) будем обозначать малой буквой h в виде $h_{l\text{-}k}(A)$, $h_{l\text{-}k}(B)$, $h_{l\text{-}k}(A,B)$ или $h_{l\text{-}k}(C)$. Считаем далее что метрика отдельно взятой логики В ни в чём не отличается от метрики, задаваемой для классической булевой алгебры в виде вероятностных форм переменных и констант от логических форм переменных и констант. Метрика логики А отличается от метрики логики В лишь тем, что она оперирует с вероятностными переменными, расположенными на отрицательной оси. Любая числовая переменная a_i равно как и результат любых арифметических действий над переменными, всегда будет либо ноль, либо отрицательное число от 0 до –1.

Формально начальные аксиомы метрики логики А-В имеют следующий вид:

9. $h(И_A) = -1$.
10. $h(Л_A) = h(Л_B) = h(Л) = 0$.
11. $h(A_i) = a_i = -|a_i|$.
12. $h(A_i*A_j) = -|a_i|\cdot|a_j|$.
13. $h(A_i+A_j) = h(A_i) + h(A_j) - h(A_i*A_j)$.
14. $h(\overline{A_i}) = \overline{h}(A_i) = -1 - h(A_i)$.

Поскольку метрика произведения, суммы и отрицания событий в логике В традиционны, то отметим лишь, что при переходе от ЛФГ к МФГ для суммы событий могут быть использованы известные соотношения:

$$h(B_1+B_2+\ldots+B_n) = h(\overline{\overline{B_1}*\overline{B_2}*\ldots*\overline{B_n}}) = \\ = h(((B_1*\overline{B_2}+B_2)\overline{B_3}+B_3)\overline{B_4}+\ldots)\overline{B_n}+B_n. \qquad (4)$$

При этом в (4) в правой части вместо логических переменных B_i можно сразу подставить метрические (численные) переменные h_i. Выражение (4) справедливо и в логике. А с учётом особенности её метрики.

Обозначим далее через $|d|$ модуль наименьшего из модулей двух сравниваемых чисел «a» и «b», а через $\overline{|d|}$ - отрицание этого модуля, т.е. число 1 - $\left|d\right|$. Аксиому для метрики суммы переменных Ai и Bi зададим в точном соответствии с [1]:

15. $h(A_i + B_j) = \dfrac{(a_i + b_j)}{\overline{|d|}}$.

Согласно аксиоме 15 число, равное разности числителя и попавшее в левое (A) или правое (B) числовое поле, увеличивается (растягивается) в $\dfrac{1}{\overline{|d|}}$ раз.

Замечательным свойством аксиомы 15 является то, что метрика суммы переменных A_i и B_j подобно метрике обычной булевой алгебры обладает ассоциативно- коммутативным свойством. То есть, если, например, имеем набор переменных A_1, A_2, B_1 и B_2, то справедливо следующее соотношение:

$$h(A_1 + A_2 + B_1 + B_2) = h[(A_1 + A_2) + (B_1 + B_2)] = \\ = h[(B_1 + A_1) + (B_2 + A_2)]$$

Другими словами, при подсчёте МФГ суммы логических переменных, вычисления можно вести в любом порядке в любых сочетаниях исходных значениях метрических переменных. Введём последнюю аксиому, относящуюся к метрике произведения переменных A_i и B_j. В содержательном смысле она «извлечена» из аксиомы суммы. Эта аксиома несколько отличается от аксиомы произведения [1]. При постулировании аксиомы исходим из следующего свойства вероятностной метрики логической суммы двух слагаемых классической булевой алгебры: второе слагаемое прибавляется к первому слагаемому не полностью, а за вычетом произведения исходных слагаемых.

Перепишем аксиому 15 в виде:

$$h(A_i+B_j) = a_i + b_j + \frac{(a_i + b_j)\cdot|d|}{\overline{|d|}} \tag{5}$$

В выражении (5) «довесок» к «$a_i + b_j$» и примем за аксиому произведения, т.е.

16. $h(A_i * B_j) = \dfrac{(a_i + b_j)\cdot|d|}{\overline{|d|}}$.

Непосредственно из аксиом 15 и 16 вытекает, что

$$h(A_i*B_j) = h(A_i+B_j)\left|d\right|. \tag{6}$$

$$h(A_i + B_j) = \frac{h(A_i + B_j)}{|d|}. \tag{7}$$

Легко проверить , что аксиомы метрики 9...16 не противоречат логическим аксиомам 1...8.

Произведение, постулированное аксиомой 16, имеет тот же знак, что и сумма «a_i+b_j» и увеличивается (уменьшается) соответственно в поле A и B в $\dfrac{|d|}{\overline{|d|}}$ раз.

В отличие от метрики суммы метрика произведения хотя и обладает коммутативным свойством, однако ассоциативный закон, заданный аксиомой 16, не выполняется, Легко проверить, что:

$$h(A_1*B_1*B_2) = h(B_1*B_2*A_1), \tag{8}$$

однако

$$h((A_1*B_1)*B_2) \neq h(A_1*(B_1*B_2)). \tag{9}$$

Не выполняется так же ассоциативный закон произведения относительно суммы

$$h[A_i*(B_1+B_2)] \neq h[(A_1*B_1)+(A_1*B_2)]. \tag{10}$$

Сформулируем, исходя из вышеприведённых аксиом, какими должны быть правила вычисления МФГ и для каких схем, дающие однозначное решение.

В соответствии с ранее введёнными определениями путь в графе состоит из последовательно чередующихся дуг и узлов, причём началом и концом пути являются узлы.

Каждый промежуточный узел пути (т.е. узел не являющийся началом и концом пути) может либо иметь, либо не иметь в графе другие инцидентные ему дуги кроме дуг самого пути. Путь, в котором ни один из промежуточных узлов не имеет другие инцидентные дуги, называем далее *неветвящимся* путём, в противном случае – *ветвящимся*. Так, например, путь 2-13-8-16-11-24-5 графа, изображённого на Рис.2, является неветвящимся, а путь 2-18-10-26-5 – ветвящимся, поскольку промежуточному узлу 10 инцидентны дополнительные дуги 21 и 22.

Начальный и конечный узлы пути будем называть его вершинами, причём вершины пути не обязательно должны совпадать с полюсом отправления и полюсом прибытия графа, т.е. *частичный* путь так же является путём. Будем говорить, что неветвящийся путь является *локализованным*, если либо в графе отсутствуют другие элементы, кроме элементов неветвящегося пути, либо если его вершины связывает хотя бы один другой неветвящийся или ветвящийся путь. Так, в графе, показанном на Рис.5, пути 1-7-3-8-2, 5-11-6-12-2 и 5-13-2 являются локализованными путями, а путь 1-9-4-10-5 не является таковым, поскольку он не единственен в графе и параллельно его вершинам 1 и 5 не присоединён ни один из путей.

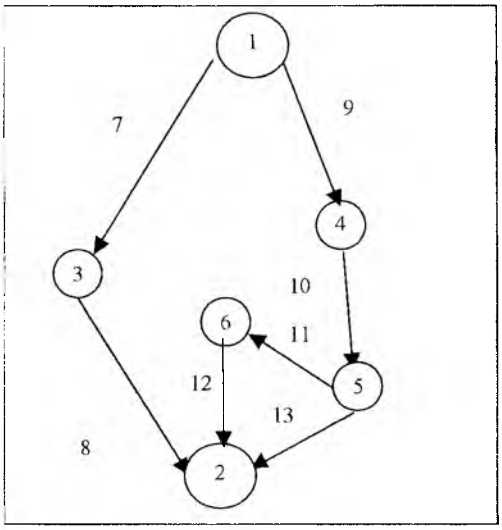

Рисунок 5. Граф, содержащий локализованные пути.

Введём следующее правило.

Правило 1. Метрическая форма пути графа гипотезы вычисляется лишь в том случае, если этот путь локализован.

Поскольку в каждой из алгебр А и В в отдельности метрика произведения ассоциативно - коммутативна, то введём второе правило.

Правило 2. При вычислении МФГ локализованного пути вначале вычисляются произведения сомножителей в каждой из алгебр А и В в отдельности, а затем находится общий результат.

Пусть, например, необходимо вычислить МФГ пути, ЛФГ которого имеет вид:

$$(A_1*B_2*A_3*\ldots*A_к*B_1*A_2*B_3*\ldots*B_L).$$

В соответствии с Правилом 2 необходимо положить:

$$h(A_1*B_2*A_3*\ldots*A_к*B_1*A_1*B_2*\ldots*B_L) = \\ = h(A_1*A_2*\ldots*A_к)\cdot h(B_1*B_2*\ldots*B_L) \quad (11)$$

Если действия по вычислению ЛФГ продвигаются от внутренних скобок к внешним, то для графа Рис.5 последовательность вычисления МФГ задаётся выражением:

$$h_{1\text{-}2}(C) = (((c_{11}\cdot c_{12}) + c_{13})\cdot c_9\cdot c_{10}) + \\ + (c_7\cdot c_8). \quad (12)$$

Сформулированные правила 1 и 2 всегда дают для заданного графа и его ЛФГ однозначное численное значение МФГ. При этом промежуточному численному результату, получаемому со знаком «+», автоматически присваивается символ «b», а со знаком «–» - символ «a». Приведём пример. Пусть для (12) заданы $c_{11} = b_{11} = 0{,}80$; $c_{12} = a_{12} = -0{,}40$; $c_{13} = a_{13} = -0{,}70$; $c_9 = b_9 = 0{,}80$; $c_{10} = b_{10} = 0{,}90$; $c_7 = a_7 = -0{,}50$; $c_8 = b_8 = 0{,}90$.

Вычисляя, имеем:
$h(C_{11}*C_{12}) = +0{,}27$; $h(C_7*C_8) = +0{,}4$; $h((C_{11}*C_{12})+C_{13}) = -0{,}59$; $h(C_9*C_{10}) = +0{,}72$; $h(((C_{11}+C_{12})+C_{13})*C_9*C_{10}) = +0{,}19$.

Окончательно имеем:

$$h(C) = +0{,}19 + 0{,}4 - 0{,}19\cdot 0{,}4 = +0{,}51.$$

До сих пор активным элементом графа выступала ориентированная дуга, инцидентная двум узлам. Предположим, что i-я дуга заменена на некоторый двухвершинный частичный граф. Такой двухвершинный частичный граф будем называть *блоком* графа. Если всем дугам блока соответствуют только переменные A_i (или B_j) то будем говорить, что блок является А (или В) – *однородным*. В противном случае будем говорить, что блок *неоднороден*. Из самого определения следует, что однородный блок может быть заменён дугой, которой соответствует одна из переменных A_i или B_j . При этом свойства блока можно изучать изолированно.

Будем говорить, что ЛФГ является *приводимой*, если путём вынесения логических переменных за скобки удаётся ликвидировать повтор переменных в исходной форме. В противном случае будем говорить, что ЛФГ *неприводима.*

Например, ЛФГ вида

$$H(C) = C_1*C_2+C_1*C_4+C_3*C_4 \quad (13)$$

является неприводимой. Два возможных ее преобразования не делают ее приводимой. Действительно:

$$H(C) = C_1(C_2+C_4) + C_3C_4 = \\ = C_4(C_1 + C_3) + C_1C_2 \quad (14)$$

В левой части имеем повтор C_4, а в правой – C_1.

Будем говорить, что ЛФГ является *существенно неприводимой*, если она включает неприводимую часть, содержащую произведения переменных A_i и B_j , при этом хотя бы одна из этих переменных повторяется не менее двух раз.

Если, например, в (13) все $C_i = A_i$, то она является просто неприводимой. Если же в ней $C_1 = A_1$, а все остальные $C_i = B_i$, то она является существенно неприводимой.

ЛФГ вида:

$$H(C) = C_5 + C_1C_2 + C_1C_4 + C_3C_4, \quad (15)$$

в которой C5=A1, а все остальные $C_i = B_i$, является просто неприводимой.

Приводимой ЛФГ (или неприводимой, но в рамках только однородных блоков) всегда соответствует один единственный параллельно – последовательный граф и наоборот (преобразования графа, связанные с операцией отрицания не учитываются).

Пусть далее ЛФГ является функцией переменных A_i и B_j.

На вопрос о том, какие ЛФГ и графы допустимы в рамках логики А-В, её аксиом метрики и правил 1 и 2 отвечает следующая теорема:

Теорема. Для того чтобы МФГ была всегда однозначно вычислима необходимо и достаточно, чтобы её ЛФГ не была существенно неприводимой.

Доказательство:

Необходимость. Предположим противное и будем считать, что результат вычисления МФГ всегда однозначен, даже если ЛФГ существенно неприводима. В силу существенной неприводимости МФГ и в силу того, что при наличии скобок операция сложения в скобках должна предшествовать операции умножения, МФГ графа может быть вычислена лишь путём не учета повтора (зависимости) одних и тех же логических переменных в разных слагаемых. Поскольку вынести за скобки переменные в данном случае можно, по крайней мере, двумя способами, переменные с «игнорируемой» зависимостью будут всякий раз различными, а значит и получаемый результат в общем случае будет неоднозначным, т.е. пришли к противоречию.

Достаточность. В том случае когда ЛФГ не *является* существенно неприводимой, то она, по крайней мере просто неприводима. Если в этом случае всю неприводимую часть заменить просто переменной A_i (или B_j), то ЛФГ будет приводимой и её МФГ – вполне однозначной. Вычисление же МФГ, соответствующей переменной A_i (или B_j), необходимо провести в соответствии с законами и метрикой для булевой алгебры.

Теорема доказана.

Из предыдущих рассуждений ясно, что указанные в теореме ограничения возникают из-за рассмотренных выше свойств метрики произведения. Подобными свойствами обладает и метрика, заданная в [1].

Непосредственно из теоремы следует, что хотя исходный граф гипотезы не должен выходить за рамки параллельно-последовательного соединения однородных блоков, однако на топологию самих блоков никаких ограничений не накладывается. Они не только могут содержать мостиковые соединения, но могут быть и обобщенными, т.е. «гиперграфами» [2]. Способы вычисления метрики (функции надежности) обобщенных графов приведены в [3].

5. Зависимы или независимы условные вероятности в гипотезе и ее отрицании

Для ответа на этот вопрос необходимо установить соответствие между логической и метрической формой гипотезы и ее отрицания, а также между исходными логическими и метрическими переменными этих гипотез. Если рассмотреть, например, логику и метрику введенных выше логик «А» и «В» в отдельности, то внутри каждой из них указанные вероятности зависимы. Так в логике «В» (по существу булевой алгебре) для каждой логической переменной B_i имеется единственная переменная $\overline{B_i}$, являющаяся отрицанием B_i. Точно также для метрической переменной b_i, имеется единственное значение $\overline{b_i} = 1 - b_i$. При этом для получения логической формы отрицания первичной гипотезы $(\overline{H}(B_i))$ необходимо воспользоваться известными соотношениями булевой алгебры, которые в простейшем случае для графов, состоящих из двух параллельно и последовательно соединенных элементов, выражаются соответственно формулами

$$\overline{H}(B_1 + B_2) = H(\overline{B_1 + B_2}) = H(\overline{B_1} * \overline{B_2}) . \qquad (16)$$

$$\overline{H}(B_1 * B_2) = H(\overline{B_1 * B_2}) = H(\overline{B_1} + \overline{B_2}) . \qquad (17)$$

И далее для метрических форм имеем

$$\overline{h}(B_1 + B_2) = 1 - h(B_1 * B_2) = h(\overline{B_1} * \overline{B_2}) . \qquad (18)$$

$$\overline{h}(B_1 * B_2) = 1 - h(B_1 * B_2) = h(\overline{B_1} + \overline{B_2}) . \qquad (19)$$

В соответствии с формулами (16) и (17) исходные параллельный и последовательные графы с дугами B_1 и B_2 переходят соответственно в последовательный и параллельные графы с дугами $\overline{B_1}$ и $\overline{B_2}$.

Если далее в выражениях (16) и (17) дугу B_2 заменить дугой A_1, то формально получим логическую форму перехода в логике А–**В** от исходной гипотезы к ее отрицанию. Однако метрические формы типа (18) и (19) в логике А–В не имеют место. Легко проверить, что вместо равенств в этом случае получаем неравенства

$$\overline{\left(\frac{a_1 + b_1}{\left|\overline{c_1}\right|}\right)} \neq \frac{(\overline{a_1} + \overline{b_1})\left|\overline{c_1}\right|}{|c|} . \qquad (20)$$

$$\overline{\left(\frac{(a_1 + b_1)|c|}{\left|\overline{c}\right|}\right)} \neq \frac{(\overline{a_1} + \overline{b_1})}{|c|} . \qquad (21)$$

Нарушение равенств является следствием аксиом метрики 15 и 16. Другими словами, в логике А–В в рамках введенных аксиом нельзя построить систему с логическими и метрическими отрицаниями, которая бы не была противоречивой. В связи с этим вопрос о независимости исходных вероятностей фактов в гипотезе и ее отрицании остается открытым, то есть неопределенным. В рамках метрики и логики А-В можно задавать (определять) лишь конечное числовое значение отрицания первичной гипотезы, выраженное некоторым образом через метрическое значение исходной гипотезы.

Итак, подводя итоги вышесказанному, можно сделать следующие выводы.

1. В качестве операционного исчисления, используемого для формального описания логической зависимости гипотез от фактов и вычисления значений коэффициентов доверия в ЭС типа MYCIN, может быть применена двухзначная логика А–В с определенной на ней метрикой, причем двухполюсный граф гипотезы используется на стадии ее формирования.
2. На вид логической формы гипотезы и ее графа накладываются ограничения, вытекающие из аксиом метрики произведения логики А–В и сводящиеся к запрету использования графов, не являющихся параллельно-последовательными по переменным A_i и B_j.
3. В рамках логики А–В и ее метрики не удается построить непротиворечивую систему с логическими и метрическими отрицаниями, поэтому вопрос о зависимости условных вероятностей в гипотезе и ее отрицании остается открытым.

Литература

[1].Дж. Э. Франклин и др. "Технология экспертных систем для военных применений: Избранные примеры.", статья в ТИИЭР, т. 76, № 10, октябрь 1988 г.

[2].Зыков А.А. Гиперграфы. УМН. Т.XXIX. Выпуск 6/180. 1974.

[3].Голиков В.П. Некоторые аналитические методы вычисления функции надежности сложных структур. Сб. Основные вопросы теории и практики надежности. М.: «Сов. радио», 1975.

КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ "ГРАФОЛОГ" НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННО ОБУЧАЕМОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Е.Г.Кочергов

Научно-исследовательский институт проблем криминологии, криминалистики и судебных экспертиз (НИИ ПККиСЭ), ул. Гвардейская, 7, Минск, 220035, БЕЛАРУСЬ, тел.. (37517) 223-95-54, 206-59-72, ekochergov@yahoo.com

Аннотация

В статье рассматривается комплексная модель "Графолог" на основе эволюционно обучаемой нейронной сети. Данная модель предназначена для проведения автоматизированной психодиагностики по почерку. Автором предлагается новый эволюционный алгоритм формирования и обучения нейронной сети. Приведены результаты экспериментального применения построенной модели для двух психодиагностических методик.

1. Введение

Применение биометрических технологий, а именно совокупности методов и средств анализа признаков человека, присущих ему как биологическому объекту, сегодня вышло за рамки традиционных для них сфер (судебная экспертиза, медицина, психология) и востребовано в различных компонентах технических, информационных и социотехнических систем [1, 2].

Большинство биометрических технологий предполагают непосредственный контакт с человеком, требуют применения дорогостоящего специального оборудования и специальных технических и организационных мер, поэтому сфера и использования сегодня весьма ограничена. Исследование почерка, напротив, допускает использование в качестве исходных данных письменных документов (или фрагментов документов), созданных человеком для любых целей, в том числе не связанных, например, с идентификацией.

Исследования автора, проводимые во взаимодействии с ведущими экспертами-почерковедами НИИ ПККиСЭ в 1992-2001 гг., на основе тщательного сопоставления анализируемых экспертами свойств почерка и признаков, которые возможно получить из статического изображения текста методами обработки и анализа