

## Алгоритмизация задачи знаниеориентированного принятия антифродовых решений в телекоммуникационных сетях

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Изложена алгоритмическая база для реализации поддержки принятия антифродовых решений, основанная на использовании метода разноуровневых алгоритмических квантов знаний (РАКЗ-метода) в рамках квантового подхода в инженерии знаний. Приведено теоретическое обоснование алгоритмов, используемых для автоматизации поддержки принятия решений при выявлении мошенничества в телекоммуникационных сетях.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, поддержка принятия решений, база точных квантов знаний, фрод, телекоммуникационные сети.

### 1 Постановка задачи

В работе [1] дана формальная постановка задачи знаниеориентированного принятия антифродовых решений в телекоммуникационных сетях (сокращенно – задача ЗПАР(ТС)). Эта задача сводится к структурно-параметрической идентификации модели неявного многокритериального оценивания полезности альтернативных решений  $\Phi(z_j)$  [1]. При этом параметры модели  $\Phi(z_j)$  можно вычислить лишь с точностью до интервальной неопределенности, что обусловлено разбросом суждений экспертов при использовании экспертных оценок. В настоящей работе выполнена алгоритмизация актуальной задачи ЗПАР(ТС) принятия знаниеориентированных решений средствами инженерии квантов знаний (ИКЗ) для защиты от мошенничества и дебиторской задолженности в коммуникационных сетях. Алгоритмизация заключается в разработке двух главных алгоритмов tАЛОБУЧ-В и tАЛАКВА-В для реализации задач индуктивного построения базы tk-знаний BtkЗ в режиме обучения компьютера на выборочных tk-знаниях в виде таблицы эмпирических данных (ТЭД) и сценарных примерах обучающих знаний (СПОЗ), а также для автоматического квантования необходимой информации. Указанные задачи являются центральными в современной глобальной проблеме роста потерь больших денежных средств компаниями мобильных операторов из-за мошенничества и дебиторской задолженности в телекоммуникационных сетях. В отличие от существующих подходов к решению этой проблемы предлагается знаниеориентированный интеллектуальный подход на основе использования математических средств инженерных квантов знаний в виде систем функциональных закономерностей и обеспечивающих дедуктивный вывод антифродовых решений.

Таким образом, для решения задачи ЗПАР(ТС) необходимо разработать и обосновать средствами ИКЗ главные алгоритмы tАЛОБУЧ-В и tАЛАКВА-В в целях хотя бы частичного разрешения указанной проблемы.

### 2 Решение поставленной задачи

Отдельное решение  $z \in Z$  из области допустимых решений  $Z$  всей задачи ЗПАР(ТС) представляет собой сетевую систему логического вывода  $S$  целевых следствий в виде t-квантового графа  $G_{tk}$  t-КСВР, которая описывается дизъюнк-

цией всех булевых функций  $F_i[\phi(\tilde{X}), \tilde{B}_i]$ , отвечающих путям рассуждений в графе  $G_{tk}$  относительно целевых следствий  $C_i, (i=1, 2, \dots, S)$ . Функции  $F_i$  зависят от алгебраического вида предикатов  $\phi(\tilde{X})$ , описывающих логику причинно-следственных связей между интервальными значениями  $\tilde{X}$  признаков ОПР, а также от кортежа интервальных параметров  $\tilde{B}_i$ , характеризующих количество t-квантовых узлов в составе t-КСВР и логических связей между ними. Следовательно, модель неявного многокритериального оценивания полезности решений  $\Phi(z)$  (1) приобретает вид

$$\Phi(z) = Q[K_9(\bigvee_{i=1}^S F_i(\phi(\tilde{X}), \tilde{B}_i))], \quad (1)$$

где  $\phi(\tilde{X})$  – бинарные предикаты, описывающие t-квантовые события в путях рассуждений графа  $G_{tk}$  относительно целевых следствий  $C_i$  в t-КСВР;

$\tilde{B}_i$  – кортеж интервальных параметров, содержащий количество t-квантов в t-КСВР и логические связи между ними в сети  $G_{tk}$ ;

Q – оператор, реализующий выбранную методику вычисления интервальных оценок критерия эффективности решений.

Теперь формально задача ЗПАР(ТС) в условиях t-неопределенности заключается в выборе эффективного решения  $z_{opt} \in Z$  на основе информации относительно интервальных значений полезности решений:

$$z_{opt} = \arg \min_{z \in Z} Q[\tilde{\Phi}(z)], \quad (2)$$

где  $z_{opt}$  представляет собой оптимальную t-КСВР, которая обеспечивает вывод системы  $S$  необходимых целевых следствий с минимальной вероятностью ошибочных решений. Задача (2) решается методом детерминации интервального значения  $\tilde{\Phi}(z)$ , т.е. путем замены всех интервальных неопределенностей точечными оценками в виде математического ожидания средних значений и т.п. Такой метод позволяет определить только оптимальное решение в среднем по множеству повторяемых решений и не учитывает возможные риски отклонений от расчетной эффективности в конкретной ситуации. Однако сознательный учет этой информации лицом, принимающим решение (ЛПР), позволяет выбрать более адекватное решение. Для этого в работе предлагается сначала вычислить интервальное значение неявной многофакторной оценки полезности  $\tilde{\Phi}(z)$  и статистические параметры распределения возможных значений внутри интервала, а затем определить правила выбора допустимых эффективных решений в виде функции (2) согласно методике, описанной в работе [8]. На основании изложенной в [1] окончательной формальной постановки задачи ЗПАР(ТС) требуется определить оптимальное решение  $z_{opt} \in Z$  задачи ЗПАР(ТС) в соответствии с формулой (2).

В кратком изложении методика решения задачи ЗПАР(ТС) состоит в последовательном выполнении таких действий:

1. Синтез логической сети возможных рассуждений (ЛСВР) при формировании искомых целевых следствий  $C_1, \dots, C_S$  в режиме обучения ПЭВМ на СПОЗ посредством алгоритма tАЛОБУЧ-В. ЛСВР имеет вид обладающего порядковой функцией графа  $G_{лс}$  с указанием логических связей «И», «ИЛИ», «НЕ» между дугами, входящими в вершину-суждение графа  $G_{лс}$  продукционного типа (1). По необходимости предусматривается режим обучения в диалоге с экспертами.

2. Автоматическое квантование суждений-событий ЛСВР  $G_{лс}$  посредством алгоритма tАЛAKBA-В с преобразованием  $G_{лс}$  в t-квантовый граф  $G_{tk}$ , т.е. в t-квантовую сеть вывода решений (t-КСВР). Трансформация ЛСВР в t-КСВР обеспечивает ей возможность выполнять одновременно роль идентификационной или прогнозной БткЗ и сетевого дедуктивного механизма вывода  $S$  целевых решений при обнаружении и предотвращении мошенничества либо при сокращении дебиторской задолженности в телекоммуникационной системе.

3. Применение алгоритма управления tАЛУПР-В для настройки работы t-КСВР в режимах «дообучения», «переобучения» и штатного принятия идентификационных или прогнозных антифродовых либо антидолговых решений. Алгоритм tАЛУПР-В изложен в работе [2].

4. Оценивание эффективности допустимых решений и выбор оптимального решения  $z_{opt} \in Z$  задачи ЗПАР(ТС) на основе использования методики, описанной в работе [3].

Все приведенные действия методики реализуются на единой алгоритмической основе посредством ПЭВМ с использованием разработанных специальных алгоритмов tАЛОБУЧ-В, tАЛAKBA-В и tАЛУПР-В.

### **3 Обоснование и синтез алгоритма обучения (tАЛОБУЧ-В) базы знаний как t-КСВР**

Алгоритм tАЛОБУЧ-В (символ «t» указывает на использование tk-знаний, а символ «В» означает billing) предназначен для индуктивного синтеза ЛСВР при формировании антифродовых целевых решений в биллинговых системах в режиме обучения компьютера на заданных СПОЗ. Под обучением ЭВМ в инженерии квантов знаний (ИКЗ) понимают машинный процесс восстановления в графе  $G_{лс}$  вершин-суждений и логических связей между ними с помощью показываемых примеров на всех путях рассуждений, которые ведут от вершин-посылок к вершинам целевых следствий, отвечающих искомым решениям.

Обоснование tАЛОБУЧ-В базируется на итерационном принципе с использованием определений 1, 2, 3 и свойств порядковой функции графа  $G_{лс}$ . В силу конечности количества вершин  $G_{лс}$  сходимость итерационного алгоритма обеспечивается всегда, независимо от способа организации диалогового режима обучения. По определению 2 ЛСВР на входе обязана иметь посылочные суждения, а на выходе – целевые следствия. Естественно, между исходными посылками и заключительными следствиями могут существовать промежуточные посылки и следствия, которым соответствуют промежуточные вершины-суждения в графе  $G_{лс}$  = ЛСВР. Однако порядок следования всех вершин и их количество, обеспечивающее структурную полноту ЛСВР, не заданы в СПОЗ. Это и вынуждает изобре-

тать эвристические способы логического причинно-следственного упорядочения вершин-суждений во всех путях рассуждений от исходных посылок до  $S$  целевых следствий, используя СПОЗ при обучении в диалоге с экспертами и ЛПР. Поэтому искусственный интеллект алгоритма tАЛОБУЧ-В заключается в итерационном поиске значений  $k, (0 \leq k \leq r)$  порядковой функции  $\prod (X_i) = k$  графа  $G_{лс} = (E_{л}, \Gamma_{л})$ ,  $\forall X_i \in E_{л}$  и в определении подмножеств-уровней  $N_0, N_1, \dots, N_r \subset E_{л}$  вершин суждений, которые не связаны между собой, но имеют на входе связи от вершин только из предшествующих уровней. Именно при таких условиях создается возможность последовательного логического вывода целевых следствий из посылок и автоматического квантования знаний (суждений) в  $t$ -квантовом графе  $G_{tk}$  в процессе трансформации ЛСВР для получения t-КСВР. Таким образом, на каждой  $k$ -й итерации обучения ( $0 \leq k \leq r$ ) определяются  $t$ -квантовые события, отвечающие вершинам одного уровня  $N_k$  в графе  $G_{лс}$ , которые после трансформации обретают стандартный вид tk-знаний в векторно-матричном представлении [2]. Поэтому на входе tКСВР= $G_{tk}$  находятся посылочные  $t$ -квантовые вершины уровня  $N_0$  (не имеющие предшественников), а на выходе (последний уровень  $N_r$  вершин, не имеющих последователей) –  $t$ -кванты, которые описывают  $S$  целевых следствий и могут зависеть от  $t$ -квантов некоторых промежуточных уровней:  $N_1, N_2, \dots, N_{r-1}$ . В силу логических причинно-следственных связей между  $t$ -квантами сети  $G_{tk}$  и взаимной их независимости в рамках подмножества вершин  $k$ -го уровня никакие совпадающие комбинации исходных  $t$ -квантовых посылок не могут образовывать пути рассуждений в графе  $G_{tk}$ , которые приводят к различным  $t$ -квантовым целевым следствиям  $C_i$  ( $i = 1, 2, \dots, S$ ). Но от различных комбинаций посылок могут существовать различающиеся пути к одному и тому же  $C_i$ . Таким образом, обеспечивается однозначный вывод каждого целевого следствия  $C_i$  исходя из разнообразных суждений экспертов, мотивируемых различием их баз знаний. Заметим, что по предпочтению ЛПР можно оптимизировать tКСВР= $Btk3$  по критерию безызбыточности [2], исключив определенные логические комбинации  $t$ -квантовых посылок при выводе принимаемых  $t$ -квантовых решений. Механизм знаниеориентированного дедуктивного вывода решений реализуется с помощью алгоритма управления tАЛУПР-В [2] посредством последовательной активизации всех  $t$ -квантов на пути к выходному целевому следствию t-КСВР при поступлении на ее вход соответствующей комбинации посылок. Необходимым и достаточным условием активизации  $t$ -кванта любого уровня, т.е. генерации на его выходе сигнала «1», является одновременное наличие всех посылочных «1-ых» сигналов на входе.

Представим алгоритм tАЛОБУЧ-В следующим базовым описанием.

Вход: количество  $S$  и смысл целевых квантовых событий, отвечающих искомым антифродовым решениям в конкретной телекоммуникационной системе; СПОЗ в виде частичной БСМ инцидентов графа  $G_{лс} = \text{ЛСВР}$ , восстанавливаемого по частям в итерационном процессе обучения посредством диалога с экспертами.

Выход: файл с именем  $\Phi_{лсвр}$  структурно полной ЛСВР в виде матрицы  $M_{лс}$

инциденций графа  $G_{ЛС}$ , описывающей причинно-следственное логическое формирование  $S$  целевых следствий.

Действия:

1. Итерация 0 – присвоить  $k := 0$ .
  2. Обозревая в итерационном цикле по  $k, k = 1, 2, \dots, r$  строки и столбцы БСМ, определить суммы матричных значений по каждому  $j$ -му столбцу.
  3. Выделить все столбцы с «нулевой» суммой значений и соответствующие им имена вершин, составляющих  $k$ -й уровень порядковой функции графа  $G_{ЛС}$ , т.е.  $N_k, k = 0, 1, 2, \dots, r$ .
  4. Исключить из БСМ выделенные вершины уровня  $N_k$  и проверить, исчерпалась ли заданная матрица.
  5. Если БСМ не исчерпалась, то выполнить действие (6), иначе (при исчерпанной БСМ) перейти к действию (7).
  6. Сформировать массив вершин уровня  $N_k$ , присвоить  $k := k + 1$  и перейти к действию (2).
  7. Сформировать массив вершин  $N_k$  при  $k = r$ , состоящей из всех  $S$  целевых вершин-следствий, и проверить, имеется ли хотя бы одна «висячая» вершина, т.е. не связанная никакой дугой, исходящей из предшествующих уровней, и перейти к действию (8).
  8. Если обнаружена хотя бы одна «висячая» вершина уровня  $N_r$ , то перейти к действию (9), иначе (при отсутствии «висячих» вершин) выполнить действие (10).
  9. Пополнять БСМ новыми СПОЗ, пока не будут восстановлены пути в графе  $G_{ЛС}$  ко всем «висячим» целевым вершинам в режиме диалога с экспертами.
  10. Сформировать булеву матрицу инциденций  $M_{ЛС}$  восстановленного графа  $G_{ЛС} = \text{ЛСВР}$ , используя БСМ и массивы вершин уровней  $N_0, N_1, \dots, N_r$ .
  11. На основе использования матрицы  $M_{ЛС}$  сформировать файл с именем  $\Phi_{ЛСВР}$  структурно полной ЛСВР относительно формирования  $S$  целевых следствий-решений.
  12. Конец.
- Выходной файл  $\Phi_{ЛСВР}$  обеспечивает необходимую структуризацию входной информации для автоматического квантования знаний.

#### **4 Обоснование и синтез алгоритма автоматического квантования информации (tАЛАКВА-В) в классе точных (достоверных) tk-знаний**

Алгоритм tАЛАКВА-В предназначен для трансформации структурно-полной ЛСВР в t-КСВР путем автоматического преобразования квантовых событий в стандартные t-квантовые структуры 0-го, 1-го и 2-го уровней. Приведем шаблоны стандартных t-квантов указанных уровней и фрагмент матрицы  $M_{ЛС}$  для удобства описания алгоритма автоматического квантования.

Шаблон t-кванта 0-го уровня  $tk_0e_j$  имеет следующий векторно-матричный вид:

$$\langle\langle tk_0e_j = [ \gamma_0^j, \beta_\mu^j ] \rangle\rangle, \quad (3)$$

где  $tk_0$  – семантический код достоверного tk-знания 0-го уровня;

$e_j$  – имя  $j$ -го квантового события;

$[\beta_\mu^j]$  – булево  $\mu$ -е значение  $j$ -го посылочного события  $e_j$ ,  $\mu, j = 1, 2, 3, \dots$ ;

$\gamma_0^j$  – выходной сигнал активизации кванта  $tk_0Y_j$ .

Шаблон t-кванта  $tk_1Y_j$  1-го уровня имеет доменизированную векторно-матричную структуру:

$$\begin{aligned} \ll tk_0Y_j = [d_j^1 : d_j^2 : \dots : d_j^H : \emptyset : (d_j^{BbIX})] = \\ = [\beta_{1,j}^1, \beta_{2,j}^1, \dots, \beta_{\rho_1,j}^1, \emptyset : \dots : \beta_{1,j}^H, \beta_{2,j}^H, \emptyset : \emptyset : (\gamma_1^j; A(Y_j); \emptyset)] \gg, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $tk_1Y_j$  – семантический код достоверного tk-знания 1-го уровня с именем  $Y_j$ , которое может отвечать промежуточному следствию  $c_j$  либо целевому следствию  $C_i (i=1, 2, \dots, S)$ . В квадратных скобках содержатся отделяемые «:» домены  $d_j^1 : d_j^2 : \dots : d_j^H$ , которые отвечают признакам  $x_i$  ОПР с булевыми значениями  $\beta_{1,j}^i, \beta_{2,j}^i, \dots, \beta_{\rho_i,j}^i$ , в том числе и  $\beta_{\rho_{Ц_i},j}^{Ц_i}$  целевого признака в  $tk_1Y_j$ . Символы «: $\emptyset$ :» предусматривают расширение кванта  $tk_1Y_j$  за счет увеличения количества доменов, а символы «, $\emptyset$ :» – за счет увеличения количества значений признаков в домене. Выходной домен  $(d_j^{BbIX})$  содержит алгоритм  $A(Y_j)$ , реализующий логику зависимости целевого признака от посылочных признаков в данном  $tk_1Y_j$ , и может содержать список других (по необходимости) алгоритмов с разделителями «;». Заметим, что смысл символа «:» между доменами состоит (кроме разделителя) в назначении связки «И», а символа «,» внутри доменов – связки «ИЛИ» при выполнении алгоритма  $A(Y_j)$ . Выходной сигнал активизации  $\gamma_1^j$  кванта  $tk_1Y_j$  принимает значение «1», если на вход поступили все требуемые значения посылочных признаков, иначе  $tk_1Y_j$  не активирован и  $\gamma_1^j = 0$ .

Шаблон t-кванта  $tk_2Z_j$  2-го уровня имеет доменизированную векторно-матричную структуру вида

$$\ll tk_2Z_j = \left[ \begin{array}{c} tk_1Y_1 \\ tk_1Y_2 \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ tk_1Y_L \end{array} \right] : (\gamma_2^j; A(Z_j); \emptyset) \gg, \quad (5)$$

где  $tk_2Z_j$  – семантический код достоверного tk-знания 2-го уровня с именем  $Z_j$ , которому может соответствовать целевое  $C_i$  либо промежуточное следствие  $c_i$  с квантовой логикой:

$$tk_1Y_1 \text{ ИЛИ } tk_1Y_2 \text{ ИЛИ } \dots \text{ ИЛИ } tk_1Y_L, \quad (6)$$

независимых tk-знаний 1-го уровня  $tk_1Y_1, tk_1Y_2, \dots, tk_1Y_L$ , имеющих шаблоны типа (4). Алгоритм  $A(Z_j)$  реализует квантовую логику (6). Выходной сигнал активизации  $\gamma_2^j$  кванта  $tk_2Z_j$  принимает значение «1», если на его входе активизирован хотя бы один из  $tk_1Y_\mu$ , ( $\mu = 1, 2, \dots, L$ ), иначе –  $\gamma_2^j = 0$ .

Автоматическое квантование tk-знаний различных уровней удобно реализовывать на основе использования приведенных шаблонов (3)-(5) и матрицы инциденций  $M_{ЛС}$ , фрагмент которой показан в табл. 1. Количество строк матрицы  $M_{ЛС}$  равно сумме исходных посылочных вершин вместе со всеми промежуточными вершинами  $c_j$  ЛСВР, а число столбцов – сумме промежуточных вершин вместе со всеми целевыми вершинами  $C_j$ . Строки  $M_{ЛС}$  имеют индекс  $i$  и обозначены именами вершин  $e_i$  и  $c_i$ . Столбцы  $M_{ЛС}$  имеют индекс  $j$  и обозначены именами вершин  $c_j$  и  $C_j$ , в которые входят дуги от вершин предшествующих уровней порядковой функции графа  $G_{ЛС}$ . На пересечении строки со столбцом в клетке содержится информация о наличии дуги, исходящей из вершины  $e_i$  либо  $c_i$   $i$ -й строки к вершине  $j$ -го столбца.

Например, символы « $\frac{1}{\alpha_i I}$ » либо « $\frac{1}{\alpha_i \text{ ИЛИ}}$ » означают, что вершина  $X_i$   $i$ -й строки связана с вершиной  $X_j$   $j$ -го столбца дугой  $(X_i, X_j)$  с логикой «И» либо «ИЛИ» по отношению к дуге  $(\alpha_i, X_j)$ , идущей из вершины  $\alpha_i$  в вершину  $X_j$ . Здесь символ  $\alpha_i$  замещается символами  $e_i$  либо  $c_i$ . Наличие логической связки указывает на тип квантовой логики данных на входе  $t$ -кванта с именем  $j$ -го столбца, а отсутствие (символ  $\emptyset$ ) – на квантовую логику вида (6).

Таблица 1

Фрагмент гипотетической матрицы инциденций  $M_{ЛС}$

|                    |       |          |                   |       |          |          |          |                             |
|--------------------|-------|----------|-------------------|-------|----------|----------|----------|-----------------------------|
| Номер, имя столбца |       | ...      | $j$               | $j+1$ | ...      | $j+\mu$  | ...      | $R$                         |
|                    |       | ...      | $c_8$             | $c_9$ | ...      | $C_{14}$ | ...      | $C_{25}$                    |
| Номер, имя строки  |       | ...      | ...               | ...   | ...      | ...      | ...      | ...                         |
| $i$                | $e_3$ | $\vdots$ | $\frac{1}{e_4 I}$ |       | $\vdots$ |          | $\vdots$ | $\frac{1}{C_9 \text{ ИЛИ}}$ |

Окончание табл. 1

| Номер, имя столбца |          | ... | $j$                | $j+1$                         | ... | $j+\mu$                       | ... | $R$                |
|--------------------|----------|-----|--------------------|-------------------------------|-----|-------------------------------|-----|--------------------|
|                    |          | ... | $c_8$              | $c_9$                         | ... | $C_{14}$                      | ... | $C_{25}$           |
| $i+1$              | $e_4$    | ⋮   | $\frac{1}{e_3И}$   | $\frac{1}{\emptyset}$         | ⋮   | $\frac{1}{(C_{18}, C_{19})И}$ | ⋮   |                    |
| $i+2$              | $e_5$    | ⋮   | $\frac{1}{e_4ИЛИ}$ |                               | ⋮   |                               | ⋮   |                    |
| ...                | ...      | ... | ...                | ...                           | ... | ...                           | ... | ...                |
| $i+k$              | $c_7$    | ⋮   | $\frac{1}{e_5ИЛИ}$ | $\frac{\bar{c}_7}{\emptyset}$ | ⋮   |                               | ⋮   | $\frac{1}{e_3И}$   |
| $i+k+1$            | $c_8$    | ⋮   |                    | $\frac{1}{\emptyset}$         | ⋮   |                               | ⋮   |                    |
| $i+k+2$            | $c_9$    | ⋮   |                    |                               | ⋮   |                               | ⋮   | $\frac{1}{e_3ИЛИ}$ |
| ...                | ...      | ... | ...                | ...                           | ... | ...                           | ... | ...                |
| $i+v$              | $c_{18}$ | ⋮   |                    |                               | ⋮   | $\frac{1}{C_{19}ИЛИ}$         | ⋮   |                    |
| $i+v+1$            | $c_{19}$ | ⋮   |                    |                               | ⋮   | $\frac{1}{C_{18}ИЛИ}$         | ⋮   |                    |
| $i+v+2$            | $c_{20}$ | ⋮   |                    |                               | ⋮   |                               | ⋮   | $\frac{1}{C_7И}$   |

Символ «1» над чертой обозначает истинность входного квантового события данного  $t$ -кванта. В случае отрицания («НЕ») этого события символ «1» заменяется на имя  $\bar{e}_i$  или  $\bar{c}_i$  с отрицанием  $i$ -й строки матрицы  $M_{ЛС}$  (см. рис. 1, пересечение  $(i+k)$ -й строки с  $(j+1)$ -м столбцом). Если в  $j$ -м столбце  $M_{ЛС}$  все его строки содержат символы вида « $\frac{1}{\emptyset}$ » либо « $\frac{\bar{a}_i}{\emptyset}$ », то  $t$ -квант с именем  $j$ -го столбца строится по шаблону (5) матричного  $t$ -кванта, строки в котором формируются отдельными векторными  $t$ -квантами с дизъюнктивной логикой типа (6).

Особенность комбинации символов « $\frac{1}{(C_{18}, C_{19})И}$ » рассмотрим на примере пересечения  $j+\mu$ -го столбца с  $(i+2)$ -й,  $(i+v)$ -й и  $(i+v+1)$ -й строками матрицы  $M_{ЛС}$  в табл. 1, которые отвечают входам автоматически формируемого кванта 1-го уровня с именем  $C_{14}$ , т.е.  $tk_1C_{14}$ . Согласно содержанию трех клеток

$(j + \mu)$ -го столбца относительно строк  $e_5, c_{18}, c_{19}$  расширяемый квант  $tk_1C_{14}$  должен содержать два посылочных домена  $(d_{14}^1, d_{14}^2)$ , один домен целевого признака  $(d_{14}^I)$  и выходной домен  $(d_{14}^{BIX})$  согласно шаблону (4):

$$tk_1C_{14} = [ \beta_{1,14}^1, \emptyset : \beta_{1,14}^2, \emptyset : \beta_{1,14}^I, \emptyset : \emptyset : (\gamma_1^{14}; A(C_{14}); \emptyset) ], \quad (7)$$

где  $\beta_{1,14}^1 = e_5$ ;

$$\beta_{1,14}^2 = c_{18};$$

$$\beta_{2,14}^2 = c_{19};$$

$$\beta_{1,14}^I = C_{14}.$$

Алгоритм  $A(C_{14})$  реализует квантовую логику: « $C_{14}^I = e_5 \wedge (c_{18} \vee c_{19})$ ».

Очевидно, что  $tk_1C_{14}$  активизируется (сигнал активации  $\gamma_1^{14} = 1$ ), если значение булевой переменной  $C_{14}^I = 1$ . Помимо указанных особенностей шаблонная квантовая запись (7) иллюстрирует следующие основные принципы автоматического квантования и правила.

**Принцип а.** Подлежащая квантованию информация матрицы  $M_{ЛС}$  алгоритмически преобразуется в t-кванты 0-го, 1-го и 2-го уровней согласно шаблонам (3), (4), (5). Информационная и операторная составляющие t-квантов представляются доменами (посылочными, целевыми и выходными) с разделителями «:» (связка «И») и заключаются в квадратные скобки «[...]» (см. запись (7)).

**Правило 1а.** Количество связей «И» в  $j$ -м столбце  $M_{ЛС}$  определяет на единицу большее число доменов  $j$ -го t-кванта, которые должны содержать не менее двух компонентов, включая символ «, $\emptyset$ » расширения домена как фиктивного компонента при отсутствии связей «ИЛИ».

**Принцип б.** При совместном наличии связей «И» и «ИЛИ» в  $j$ -м столбце  $M_{ЛС}$  все имена его строк со связкой «ИЛИ» образуют компоненты одного и того же домена с разделителем «,» («ИЛИ»), который отделяется символом «:» от других доменов относительно связей «И». Каждый компонент отвечает определенному значению признака ОПР, которому ставится в соответствие данный домен.

**Правило 1б:** если из совокупности вершин  $X_i, X_{i+1}, \dots, X_m$  исходят дуги  $(X_i, X_j), (X_{i+1}, X_j), \dots, (X_m, X_j)$  только со связкой «И» к одной вершине  $X_j$   $j$ -го столбца матрицы  $M_{ЛС}$ , то следует образовать  $m$  посылочных двухкомпонентных доменов с фиктивным компонентом «, $\emptyset$ », целевой и выходной домены согласно шаблону (4) для представления t-кванта  $tk_1X_j$  в записи:

$$tk_1X_j = [ X_j, \emptyset : X_{j+1}, \emptyset : \dots : X_m, \emptyset : X_j^I, \emptyset : \emptyset : (\gamma_1^j; A(X_j); \emptyset) ], \quad (8)$$

где символы «, $\emptyset$ :» обозначают резервный домен в целях возможного расширения  $tk_1X_j$ ;

$X_i, X_{i+1}, \dots, X_m$  – булевы переменные.

Правило 2б: если в условии правила 1а имеются дуги со связкой «ИЛИ», то в записи t-кванта вида (8) появятся и многокомпонентные посылочные домены (подобно представлению записи (7)) за счет указанных дуг и «ИЛИ», входящих в рассматриваемую вершину  $X_j$   $j$ -го столбца  $M_{ЛС}$ .

Пониманию изложенных принципов и правил автоматического квантования способствует фрагмент t-КСВР, отвечающий полностью фрагменту матрицы  $M_{ЛС}$  и показанный на рис.1. Здесь во фрагменте t-КСВР намеренно для наглядности оставлены на входах t-квантов логические связки, которые определяют внутреннюю логику их доменов.

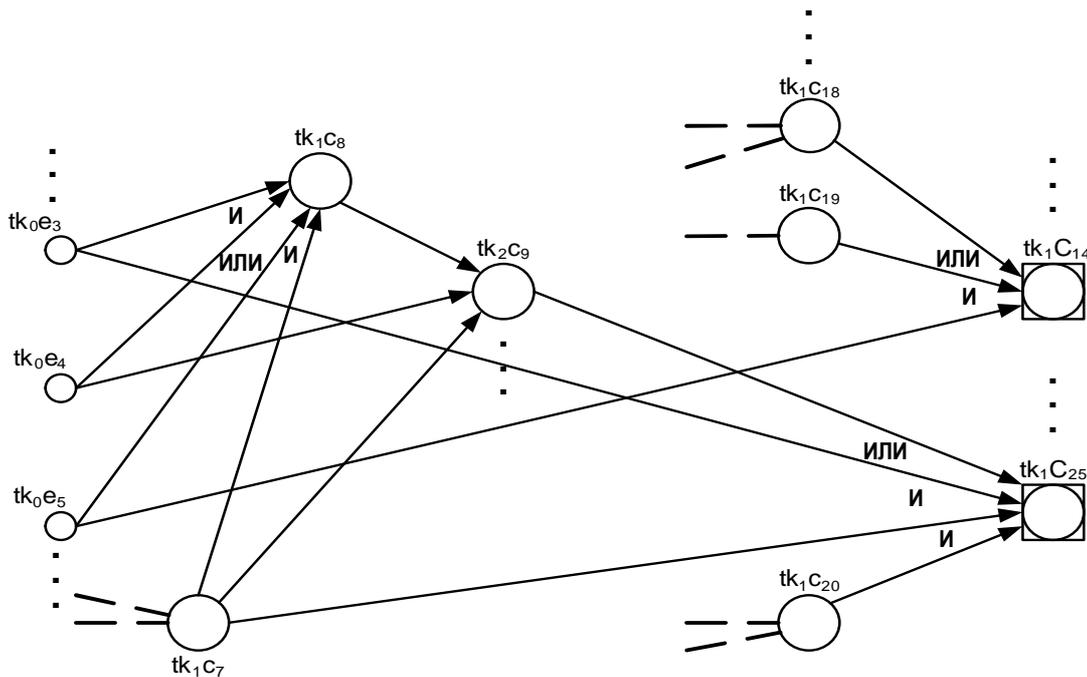


Рис. 1 Фрагмент t-КСВР, отвечающий фрагменту матрицы  $M_{ЛС}$

Например, на основе использования данных в таблице 1 и рисунка 1, а также изложенных принцип и правил, алгоритм tАЛАКВА-В сгенерирует tk-знания  $tk_1C_{25}$  о целевом следствии (решении) с именем  $C_{25}$  в виде t-кванта:

$$tk_1C_{25} = \left[ c_9, e_3, \emptyset : c_7, \emptyset : c_{20}, \emptyset : C_{25}^{\text{II}}, \emptyset : \emptyset : (\gamma_1^{25}; A(C_{25}); \emptyset) \right] = \left[ 1, 10 : 10 : 10 : 1_{25}^{\text{II}} 0 : \emptyset : (\gamma_1^{25}; A(C_{25}); \emptyset) \right], \quad (9)$$

где  $c_9, e_3, c_7, c_{20}$  принимают булевы значения посылочных признаков объекта принятия решений (ОПР) по имени  $C_{25}$ , а  $C_{25}^{\text{II}}$  – значение целевого признака, которое определяет имя принимаемого решения. Семантика  $tk_1C_{25}$  (9) такова: «ЕСЛИ ОПР обладает 1-м ИЛИ 2-м значением первого признака И обладает 1-м значением второго признака, И 1-м значением третьего признака, ТО ОПР обладает 1-м значением целевого признака ( $C_{25}^{\text{II}}$ ), т.е. принимается решение с именем

$C_{25}$ ». Алгоритм  $A(C_{25})$  реализует квантовую логику:

$$\llbracket C_{25} \rrbracket = (c_9 \vee e_3) \wedge c_7 \wedge c_{20}, \quad (10)$$

истинное значение которой активизирует  $tk_1C_{25}$  с выработкой сигнала активации  $\chi_1^5=1$ .

Опираясь на изложенное выше обоснование, приведем описание алгоритма tАЛАКВА-В.

Вход: матрица инцидентий  $M_{ЛС}$  восстановленной ЛСВР с помощью tАЛОБУЧ-В; файл  $\Phi_{ЛСВР}$  структурно полной ЛСВР относительно формирования  $S$  целевых следствий с учетом уровней порядковой функции.

Выход: матрица инцидентий  $M_{tk}$  графа  $G_{tk} = (E_{tk}, \Gamma_{tk})$ , описывающего трансформированную n-КСВР; файл  $\Phi_{t-КСВР}$  с символьным представлением разноуровневых t-квантов в символьном языке описания tk-знаний инженерии квантов знаний [2-4].

Действия:

1. Используя информацию матрицы  $M_{ЛС}$  и файла  $\Phi_{ЛСВР}$ , организовать циклы обзора уровней порядковой функции от  $N_0$  до  $N_r$  и вершин (узлов) ЛСВР в каждом уровне для дальнейшего формирования символьного представления разноуровневых t-квантов, поименованных именами узлов ЛСВР согласно шаблонам.

2. Относительно узлов уровня  $N_0$  сформировать t-кванты 0-го уровня по шаблону « $tk_0e_j$ » (3) и сохранить их в файле  $\Phi(N_0)$ .

3. Относительно узлов уровней  $N_1, N_2, \dots, N_r$  сформировать символьные t-кванты 1-го или 2-го уровня по шаблону « $tk_1Y_j$ » (4) либо « $tk_2Z_j$ » (5), руководствуясь принципами а, б и правилами 1а, 1б, 2б с конструктивными особенностями (7)-(9), и сохранить t-кванты в файлах  $\Phi(N_1), \Phi(N_2), \dots, \Phi(N_r)$ .

4. Сформировать матрицу инцидентий  $M_{tk}$  трансформированной t-КСВР (быть может избыточной, т.е. не оптимизированной). В отличие от матрицы  $M_{ЛС}$  матрица  $M_{tk}$  содержит строки и столбцы, поименованные именами автоматически сгенерированных t-квантов, и не содержит в клетках логических связей, так как они скрыты в символах внутри информационной составляющей каждого t-кванта.

5. Сформировать файл  $\Phi_{t-КСВР}$  с символьным представлением разноуровневых tk-знаний в языке с семантикой инженерии квантов знаний и сохранить.

6. Конец.

Указанные действия алгоритма tАЛАКВА-В, естественно подлежат алгоритмическому уточнению согласно изложенным ранее принципам и правилам автоматического квантования tk-знаний.

## 5. Выводы

С помощью разработанных авторами алгоритмов tАЛОБУЧ и tАЛАКВА впервые обеспечивается построение  $Btk_3=t$ -КСВР путем компьютерного обучения и квантования базы tk-знаний на выборочных сценарных примерах обучающих знаний.

### Список литературы

1. Сироджа И.Б. Принятие решений средствами инженерии квантов знаний для защиты от мошенничества и дебиторской задолженности в телекоммуникационных сетях / И.Б. Сироджа, В.А. Постернакова, Л.А. Волобуева // Радіоелектронні комп'ютерні системи. – 2010. – №1(42). – С. 115-121.
2. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления/ И.Б. Сироджа. – К.: Наук. думка, 2002. – 420 с.
3. Сироджа И.Б. Оценивание качества идентификационных и прогнозных решений в инженерии квантов знаний / И.Б. Сироджа // Бионика интеллекта. – 2008. – №2(69). – С.77-83.
4. Сироджа И.Б. Модели и методы инженерии квантов знаний для принятия решений в системах искусственного интеллекта / И.Б. Сироджа, И.А. Верещак // Системи обробки інформації. – Х., 2006. – Вип.8(57). – С. 63-81.

**Рецензент:** д.т.н., проф., зав. каф. О.Е. Федорович, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию 15.06.10

### Алгоритмізація задачі знанняорієнтованого прийняття антифродових рішень у телекомунікаційних мережах

Викладено алгоритмічну базу для реалізації підтримки прийняття антифродових рішень, основу на використанні методу різнорівневих алгоритмічних квантів знань (РАКЗ-методу) у рамках квантового підходу в інженерії знань. Наведено теоретичне обґрунтування алгоритмів, які використовуються для автоматизації підтримки прийняття рішень при виявленні шахрайства в телекомунікаційних мережах.

**Ключові слова:** штучний інтелект, підтримка прийняття рішень, база точних квантів знань, фрод, телекомунікаційні мережі

### Automation of task of antifraud decisions making support in telecommunication networks

Algorithmic base for decisions making support, based on the use of different level algorithmic quantum of knowledge method (DAQK-method) within the framework of quantum approach in knowledge engineering, is expounded. Theoretical foundation of algorithms, used for automation of decisions making support at fraud identification in telecommunication networks, is expounded.

**Keywords:** artificial intelligent, decisions making support, precise knowledge quantum base, fraud, telecommunication networks