УДК 004.8:004

И.Б. СИРОДЖА

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ЗНАНИЯМИ СРЕДСТВАМИ ИНЖЕНЕРИИ КВАНТОВ ЗНАНИЙ

Рассматривается проблема принятия решений при управлении предприятиями и проектами на основе новой технологии знаний. Формулируется и решается задача поддержки принятия решений в управлении знаниями средствами инженерии квантов знаний (ИКЗ). Предложена общая методология дедуктивного операторного вывода идентификационных и прогнозных решений, опираясь на импликативную базу достоверных (точных) квантов знаний (БtkЗ). Во вступлении отмечается важная роль профессиональных знаний на предприятии (фирме) и ее конкурентной способности. Основная цель управления знаниями состоит в своевременном получении необходимой для принятия полезных решений информации у того, кто ею действительно обладает, а также в использовании необходимых знаний там и тогда, когда и где они должны быть использованы по назначению. Поставлена общая задача принятия решений в управлении знаниями осуществленной формальной постановкой операторного вывода идентификационных решений (B_t *– задача) и прогнозных решений (* C_t *– задача) в терминах ИКЗ и разработано соответственно теоретический и алгоритмический базис для их разрешения. Создана методология ИКЗ для построения решений в управлении знаниями на базе использования ЭВМ.*

Ключевые слова: *технология знаний, управление знаниями, инженерия квантовых знаний, принятие решений, база квантов знаний.*

Введение

Замечательная русская пословица гласит: «Кабы знать, где упадешь, так соломки б подостлать» [1]. Суть этой пословицы, прежде всего, указывает на ценность знаний для предвидения житейских состояний человека. Однако знания необходимы человеку во всех сферах его деятельности и всюду важны. Термин «знание» здесь означает не только то, что дают человеку школа, книги, телевидение, но и то, что он приобретает в работе и общении с людьми, накапливая жизненный опыт. Знания всегда связаны с информацией и данными. Когда речь идёт о данных, то имеются в виду факты, числа, имена, адреса и т.п. Информация определяется как «обработанные» данные и представленные в пригодной для использования форме. Знания мы используем для того, чтобы объяснить и понять информацию и данные. Поэтому к знаниям можно отнести: понятия, суждения, правила, теории, идеи, изобретения, навыки, убеждения и т.п. Очевидно, знания работников предприятия (компании, фирмы) в сочетании со знаниями коллег, способствуют успешной деятельности предприятия и его конкурентной способности. Все имеющиеся у компании знания часто называют интеллектуальной собственностью или интеллектуальными активами. А производственной организации работников появился термин «управление знаниями», который означает процесс сознательного создания, структурирования и использования трудовым коллективом базы знаний собственной компании [2, 3]. Основная цель управления знаниями состоит в своевременном получении необходимой для принятия полезных решений информации у того, кто действительно ею обладает, а также в использовании нужных знаний там и тогда, где и когда они должны использоваться по назначению [2 – 4]. Под принятием решений понимают специфический, жизненно важный процесс человеческой деятельности, связанный с выбором оптимального варианта целенаправленных действий относительно заданного критерия оптимальности [5]. Признание права ЛПР на субъективность принимаемого решения стало поводом организации и развития новой парадигмы – многокритериальное принятие решений [5]. Усложнение решаемых задач из-за многомерности и многокритериальности, увеличение объёма информации у ЛПР потребовало организацию помощи (поддержки) принятия решений (СППР) [5, 6]. Компьютерные СППР обеспечивают ЛПР возможность использовать данные, знания, объективные и субъективные модели для анализа и решения плохо структурированных и неструктурированных проблем [6].

Главное внимание в работе уделяется проблеме компьютерной поддержки принятия решений [6] при управлении проектом и предприятием на основе технологии знаний, реализуемой новыми средствами инженерии достоверных (точных) квантов знаний (tk - знаний) [7, 8]. Предлагаются общая методология дедуктивного операторного вывода идентификационных и прогнозных решений из базы достоверных tk - знаний (БtkЗ) [8, 9]. Обосновывается актуальность создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР) в управлении знаниями [2 – 5, 8] на основе моделей и методов инженерии квантов знаний (ИКЗ) [7 – 11].

1. Постановка общей задачи

Поставим общую задачу операторного вывода идентификационных и прогнозных решений в управлении знаниями на основе частного случая при $\delta = t$ - неопределенности изложенной в работе [9] общей методологии инженерии δ -квантов знаний в рамках δ РАКЗ - метода. Используем tРАКЗ - метод для достоверных t-квантов знаний (tk - знаний). Из поставленных в [9] обобщённых базовых $A_\delta -$, $B_\delta -$, $C_\delta -$задач вытекают частные базовые $A_t -, B_t -, C_t -$ задачи. В терминах A_t - задачи квантовой формализации tk - знаний будем описывать формальное представление и компьютерное манипулирование tk - знаниями в управлении знаниями. B_t - задача состоит в идентификации (распознавании) ситуаций по tk - знаниям о результатах наблюдений за объектами принятия решений (ОПР), а C_t - задача – в экстраполяции результатов частичных наблюдении за ОПР, т.е. в прогнозировании его неизвестных характеристик по некоторым известным. Задача компьютерной поддержки принятия решений в управлении знаниями состоит в создании ИСППР на основе использования человеко-машинных процедур (ЧМП) исследования операций [5, 11] и средств ИКЗ [7 – 10]. Пусть наблюдаемые ОПР характеризуются конечным числом разнотипных признаков $x_1, x_2, ..., x_n$, включая и целевые признаки классов ОПР, которые принимают значения $\alpha_i^{(j)}, (j = \overline{1,n}; 1 \le i \le \rho_j)$ из конечных множеств:

$$\begin{aligned} X^{(1)} &= \left\{\alpha_1^{(1)}, \alpha_2^{(1)}, ..., \alpha_{\rho_1}^{(1)}\right\}, \\ X^{(2)} &= \left\{\alpha_1^{(2)}, \alpha_2^{(2)}, ..., \alpha_{\rho_2}^{(2)}\right\}, \\ &... \\ X^{(n)} &= \left\{\alpha_1^{(n)}, \alpha_2^{(n)}, ..., \alpha_{\rho_n}^{(n)}\right\}. \end{aligned} \tag{1}$$

Множествам $X_j (j = \overline{1,n})$ (1) поставим в соответствие одномерные числовые массивы $d^{(j)}$, разделяемые « : » и называемые доменами. Тогда каждый ОПР $\omega \in \Omega$ из множества наблюдаемых объектов Ω можно представлять доменизированным числовым вектором

$$\begin{aligned} y &= (d^{(1)} : d^{(2)} : ... : d^{(n)}) = \\ &= (\alpha_1^{(1)}, ..., \alpha_{\rho_1}^{(1)} : \alpha_1^{(2)}, ..., \alpha_{\rho_2}^{(2)} : ... : \alpha_1^{(n)}, ..., \alpha_{\rho_n}^{(n)}). \end{aligned} \tag{2}$$

Декартово произведение

$$X^n = X^{(1)} \times X^{(2)} \times ... \times X^{(n)}$$

множеств (1) назовем n -мерным пространством разнотипных признаков ОПР. Для представления порций (квантов) информации о состоянии ОПР одновременно со смысловой, информационной и операторной составляющими предлагаются tk-знания как алгоритмические структуры 0-го, 1-го и 2-го уровней сложности. Условно tk - знания имеют 0-й уровень, если им отвечает число (символ); 1-й уровень, если – числовой (символьный) вектор и 2-й уровень, если – числовая (символьная) матрица.

Алгоритмические структуры, образуемые из терминальных (исходных):

– векторного t-кванта знаний 1-го уровня $tk_1 y$:

$$\begin{aligned} tk_1 y &= \left[(d^{(1)} : d^{(2)} : ... : d^{(n)})\right] = \\ &= \left[(\alpha_1^{(1)}, ..., \alpha_{\rho_1}^{(1)} : \alpha_1^{(2)}, ..., \alpha_{\rho_2}^{(2)} : ... : \alpha_1^{(n)}, ..., \alpha_{\rho_n}^{(n)})\right], \end{aligned} \tag{3}$$

– выбирающего t-кванта знаний 0-го уровня

$$tk_0 \alpha = \left[V_k^{(p)}(\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_p) = \alpha_k\right]. \tag{4}$$

и характеристического t-кванта знаний 1-го уровня вида

$$tk_1 \beta = \chi_{Y^{(j)}}(\alpha_k^{(j)}) = \begin{cases} 1, & \text{если} \quad \alpha_k^{(j)} \in Y^{(j)}, \\ 0, & \text{если} \quad \alpha_k^{(j)} \notin Y^{(j)}, \end{cases} \tag{5}$$

где $Y^{(j)} = \left\{\alpha_k^{(j)}\right\}$, $(k = \overline{1,\varepsilon})$ – множество зафиксированных при наблюдении значений j -го признака $x_j, (j = \overline{1,n})$, путем конечного числа применений операторов суперпозиции (П-оператора), строчной конкатенации ($CON < \bullet >$ -оператора) и столбцовой конкатенации ($CON[\bullet]$ -оператора), будем называть достоверными или точными разноуровневыми алгоритмическими kвантами знаний (tРАКЗ) [7]. Применяя ко всем векторам (точкам) $y_\omega \in X^n$, отвечающим ОПР ω, характеристический t-квант знаний 1-го уровня $tk_1\beta$, (5), получим соответствующий секционированный доменами N -мерный бинарный вектор $Y_\omega \in B_t^N$:

$$Y_\omega = (\beta_{1\omega}^{(1)}, ..., \beta_{\rho_1\omega}^{(1)} : \beta_{2\omega}^{(2)}, ..., \beta_{\rho_2\omega}^{(2)} :, ...,: \beta_{1\omega}^{(n)}, ..., \beta_{\rho_n\omega}^{(n)}), \tag{6}$$

с компонентами $\beta_{k\omega}^{(j)} \in \{0,1\}$; $\left\{\beta_1^{(j)},...,\beta_{\rho_j}^{(j)}\right\} = B^{(j)}$, $j = \overline{1,n}$, в новом модифицированном N - мерном ($N = \sum_{j=1}^{n} \rho_j$) модифицированном, бинарном пространстве B_t^N tPAKЗ-моделей ОПР:

$$B_t^N = B^{(1)} \times B^{(2)} \times ... \times B^{(n)}. \quad (7)$$

Пространство B_t^N отвечает X^n с точностью до заданной семантики (смысла) знаний.

Декартово произведение

$$J = B_1 \times B_2 \times ... \times B_n \quad (8)$$

подмножеств $\left\{\beta_1^{(j)},...,\beta_{\rho_j}^{(j)}\right\} = B^{(j)} \subseteq B_t^N, j = \overline{1,n}$, выбранных по одному из множеств $B^{(1),}B^{(2)},...,B^{(n)}$, назовём интервалом J пространства B_t^N. Например, t-кванту знаний $tk_1Y^* = \left[\begin{matrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ 1001: & 11 & :010 \\ \varepsilon_1=2 & \varepsilon_2=2 & \varepsilon_3=1 \end{matrix}\right]$ отвечает интервал $J \in B_t^N$,

$$N = \sum_{j=1}^{n} \rho_j = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3 = 4 + 2 + 3 = 9:$$

$$\begin{gathered} J = \left\{\beta_1^{(1)},\beta_4^{(1)}\right\} \times \left\{\beta_1^{(2)},\beta_2^{(2)}\right\} \times \left\{\beta_2^{(3)}\right\} = \\ = \left\{\beta_1^{(1)}\beta_1^{(2)}\beta_2^{(3)},\beta_1^{(1)}\beta_2^{(2)}\beta_2^{(3)},\beta_4^{(1)}\beta_1^{(2)}\beta_2^{(3)},\beta_4^{(1)}\beta_2^{(2)}\beta_2^{(3)}\right\} = \\ = \{[1000:10:010],[1000:01:010],[0001:10:010], \\ [0001:01:010] \ \} \in B_t^{N=9}; \beta_i^{(j)} \in \{0,1\}, \end{gathered} \quad (9)$$

имеющий 4 точки ($q = \varepsilon_1 * \varepsilon_2 * \varepsilon_3 = 2*2*1 = 4$). Количество точек $q = \prod_{j=1}^{n} \varepsilon_j$, т.е. равно произведению количеств ε_j «1»-чных значений B_v^j, ($j = \overline{1,n}$; $v = \overline{1,\rho_j}$) в n доменах вектора Y* вида (6). Множественный интервал вида (9) и соответствующие tk-знания $tk_1Y^* = [\overset{x_1}{\underset{\rho_1=4}{1001}}: \overset{x_2}{\underset{\rho_2=2}{11}} : \overset{x_3}{\underset{\rho_3=3}{010}}]$ можно описать конечно-предикатным уравнением $\Phi(x_1, x_2, x_3) = 1$. В конъюнктивной нормальной форме (КНФ) уравнение $\Phi(x_1, x_2, x_3) = 1$ имеет вид:

$$\begin{gathered} \Phi(\beta_1^1,\beta_4^1,\beta_1^2,\beta_2^2,\beta_2^3) = tk_1Y^* = [\overset{x_1}{\underset{\rho_1=4}{1001}}: \overset{x_2}{\underset{\rho_2=2}{11}} : \overset{x_3}{\underset{\rho_3=3}{010}}] = \\ = \left[((\beta_1^1 \vee \beta_1^4) \wedge (\beta_1^2 \vee \beta_2^2) \wedge \beta_2^3) = 1\right], \end{gathered} \quad (10)$$

где компоненты в доменах связаны дизъюнкцией «$\vee$» (ИЛИ), а сами домены – конъюнкцией «$\wedge$» (И).

Общая задача сводится к $B_t -$ и $C_t -$ задачам одновременно в рамках операторной tPAKЗ-модели $M_{оп}$ дедуктивного вывода решений [9]. Смысл принятия решения как логического вывода следствия (t-кванта меньшего уровня) из посылок (t-квантов большего уровня) базируется на продуктивной идее квантовой формализации причинно-следственных рассуждений средствами tPAKЗ-метода [8,9]. Содержательно общая задача формулируется так.

Заданы:

1. Импликативная база точных квантов знаний (БtkЗ) как система прогнозных и/или идентификационных закономерностей между признаками ОПР данной предметной области, предварительно синтезированная индуктивно средствами ИКЗ [7, 8] по выборочным обучающим tk - знаниям и обеспечивающая минимальный риск R_{min} вывода ошибочного решения на контрольной выборке;
2. Операторные преобразования дедукции (DED-оператор), традукции (Т-оператор), редукции (RED-оператор) и проверки на общезапретность (POZ-оператор), требуемые для машинного манипулирования разноуровневыми tk-знаниями;
3. Конечное число характеристик (признаков) $x_1, x_2,..., x_n$ ОПР и классов $K_1...K_s$ искомых идентификационных и прогнозных решений относительно состояний исследуемых S классов ОПР.

Требуется:

на основе использования запретной БtkЗ и указанных операторных преобразований создать новую единую методику дедуктивного операторного вывода прогнозных и идентификационных решений по наблюдаемым tk - знаниям о состоянии исследуемых ОПР заданных S классов с учётом предпочтений ЛПР. Эту общую задачу представим формальными постановками двух указанных $B_t -$ и $C_t -$задач. Формальная постановка $C_t -$задачи вывода прогнозных решений в управлении знаниями состоит в следующем.

Заданы: а) запретная прогнозная база tk-знаний $БtkЗ_c = t\overline{\Sigma}_{BZ}^C = tk_2\left\|\overline{\Pi}_{BZ}^C\right\|$ как система простых $tk_2\left\|\overline{\Pi}_{BZ}^C\right\|$ импликативных закономерностей, относительно распознаваемых S классов ОПР, гарантирующая их устойчивость на заданный срок прогноза $\tau_{пр}$ и допустимую минимальную вероятность P_{min}^C принятия ошибочных прогнозных решений на контрольной выборке; б) M^*_S – граничное допустимое значение оценки M_S достоверности гипотезы о существовании импликативных закономерностей в множестве допустимых объектов $T_{r,}$ судя по обучающей выборке $T_0 \subseteq T_r$; в) наблюдения за ОПР ω в форме tk - знаний $tk_1 Y_\omega$, представляющих интервал $\tilde{Y}_\omega$ пространства признаков B_t^N, в котором локализован наблюдаемый ОПР ω, описываемый n признаками $x_1, x_2, ..., x_n$.

Требуется дедуктивно вывести из прогнозной БtкЗ$_C$ с заданной надежностью $\eta = 1 - M_s^*$ квант знаний $tk_\mu R_\omega^C$, $(\mu = 0,1,2)$ о возможных комбинациях прогнозируемых значений неизмеренных $Z_{i,} (i = 1,2,...,n)$ признаков ОПР ω по известным значениям (n–Z$_i$) признаков. Иными словами, требуется с минимальной вероятностью ошибки P_{min}^C принять прогнозное решение о значениях Z$_i$ признаков ОПР посредством дедуктивного вывода из БtкЗ$_C$ минимальных прогнозных tk - знаний $mtk_\mu R_\omega^C$, $(\mu = 0,1,2)$ по tk - знаниям $tk_1 Y_\omega^C$ о наблюдаемых значениях $(n - Z_i)$ признаков. $B_t -$ задача операторного вывода идентификационных решений в управлении знаниями формально ставится так.

Заданы: а) идентификационная запретная БtкЗ$_B$= $t\bar{\Sigma}_{BZ}^B = tk_2 \left\| \bar{\Pi}_{BZ}^B \right\|$, которая обеспечивает минимальную вероятность ошибки распознавания P_{min}^B на контрольной выборке; б) результат наблюдений за ОПР ω_v, $(v = 1,2,...)$ в виде кванта знаний 1-го уровня $tk_1 Y_{\omega_v}^B$:

$$tk_1 Y_{\omega_v}^B =$$
$$= \left[\beta_{1\omega_v}^{(1)} ... \beta_{\rho 1\omega_v}^{(1)} : ... : \beta_{1\omega_v}^{(j)} ... \beta_{\rho j\omega_v}^{(j)} : ... : \beta_{1\omega_v}^{(n)} ... \beta_{\rho n\omega_v}^{(n)} \right], \quad (11)$$

в котором содержится целевой признак $x_{\omega_v}^{jц}$ класса ОПР ω_v с неизвестными значениями $\beta_{k\omega_v}^{(jц)}$, $\left(k = \overline{1, \rho_j}; j = \overline{1, n}; v = 1,2,... \right)$.

Требуется по t-кванту $tk_1 Y_{\omega_1}^B$ (11) с заданной надежностью $\eta = 1 - M_S^*$ найти tk-знания $tk_0 \beta_{k\omega_v}^{(j)}$ о значении $\beta_{k\omega_v}^{(j)}$ целевого признака $x_{\omega_v}^{jц}$, которое отвечает номеру распознаваемого класса ОПР ω_v. Иными словами, требуется с вероятностью P_{min}^B принять идентификационное решение о классе ОПР ω_v с помощью дедуктивного вывода t-кванта $tk_0 \beta_{k\omega_v}^{(j)}$ из БtкЗ$_B$ по заданным значениям (n-1)-го признака.

2. Теоретический базис дедуктивного операторного принятия решений в управлении знаниями

2.1. Основные необходимые понятия и определения

Изложенные в монографиях [7, 8] основы инженерии квантов знаний (ИКЗ) будем использовать в качестве теоретического базиса для создания компьютерных систем поддержки принятия решений в управлении знаниями. Выбор методологии ИКЗ мотивирован ее универсальностью, обоснованностью и принципиальной открытостью к беспрепятственному использованию любых средств математики для ее развития путем применения интеллектуальных информационных технологий.

С целью разработки инженерных методик решения поставленных выше задач приведём необходимые определения, понятия и примеры описания квантовых событий tk-знаниями.

Определение 1. Устойчивая связь между r бинарными признаками ОПР при общем их числе n ($r \leq n$), представленная запретом (невозможностью) хотя бы одной комбинации их значений в данных условиях природы, называется импликативной закономерностью ранга r . Название импликативной закономерности отвечает отношению материальной импликации $X \rightarrow Y$ между свойствами X и Y ОПР. Смысл (семантика) этого отношения как связи 2-го ранга (r = 2) состоит в невозможности одновременного наличия у ОПР свойства X и отсутствия Y. Отличие импликативной закономерности от функциональной состоит в том, что при функциональной связи значение функции, как правило, определяется всеми значениями аргументов, а при импликативной – лишь значениями некоторых комбинаций аргументов. Поиск импликативных (запретных) закономерностей проще, чем функциональных [7,8].

Пример 1. Интервальный t-квант знаний 1-го уровня tk$_1$Y (12) с именем ОПР Y содержит смысловую составляющую под семантическим кодом «tk$_1$Y», информационную и операторную составляющие в общих скобках [{,}] вместе с 4-мя доменами (последний – целевой), разделёнными символом «:», отвечающим связке «И»). В скобках {,} указаны алгоритмы A$_i$, реализующие любые операторные преобразования информации о квантовом событии (КС) Y. Векторная форма записи интервального кванта tk$_1$Y имеет вид

$$tk_1 Y = \left[\overset{x_1}{101} : \overset{x_2}{00010} : \overset{x_3}{11} : \overset{x_4}{01} : \left\{ A_1, ..., A_v \right\} \right] \quad (12)$$

с семантикой: «ЕСЛИ наблюдаемый ОПР Y обладает 1-м или 3-м значениями признака x_1 (т.е.

$x_1 = \alpha_1^{(1)}$ ИЛИ $x_1 = \alpha_3^{(1)}$, но $x_1 \neq \alpha_2^{(1)}$) И 4-м значением признака $x_2 = \alpha_4^{(2)}$, И значения признака x_3 полностью не определены (т.к. неясно: $\alpha_1^{(3)}$ ИЛИ $\alpha_2^{(3)}$ из 2-х возможных»), ТО ОПР Y относится к классу с номером, равным 2-му значению $\alpha_2^{(4ц)}$ целевого признака $x_Y^{4ц}$. При этом указанная логика квантового события (КС) Y реализуется 1-м алгоритмом A_1». Остальные алгоритмы выполняют иные преобразования.

Пример 2. Векторная запись элементного (точечного) tk-знания 1-го уровня tk_1Y_e (13) аналогична форме (12) с тем отличием, что домены содержат по одной «1»:

$$tk_1Y_в = \begin{bmatrix} \overset{x_1}{100} : \overset{x_2}{00010} : \overset{x_3}{10} : \overset{x_4}{01} : \{A_1,...,A_v\} \end{bmatrix} \qquad (13)$$

с соответствующей семантикой: «ЕСЛИ ОПР Y_e обладает 1-м значением признака x_1, т.е. $x_1 = \alpha_1^{(1)}$ И 4-м значением признака $x_2 = \alpha_4^{(2)}$, И 1-м значением признака $x_3 = \alpha_1^{(3)}$, ТО ОПР Y_e относится к классу с номером, равным 2-му значению $\alpha_2^{(4ц)}$ целевого признака $x_{Y_e}^{4ц}$. При этом указанная логика КС Y_e также реализуется специальным алгоритмом A_1». Обозначим через $\tilde{Y}_e$ множественный элемент (точка), отображающий элементные tk - знания tk_1Y_e в пространстве B_t^N tРАКЗ-моделей ОПР, а через $\tilde{Y}$ множественный интервал, отвечающий интервальным tk-знаниям (tk_1Y). Символом $\|\tilde{Y}_e\|$ обозначим совокупность элементов, отвечающих элементным матричным tk - знаниям 2-го уровня $(tk_2 \| Y_e \|)$, и через $\|\tilde{Y}\|$ – совокупность интервалов, отвечающих интервальным матричным tk-знаниям 2-го уровня $(tk_2 \| Y \|)$. В двоичной матрице интервалов $\|\tilde{Y}\|$ обозначим: j-й домен-столбец символом D_j; отдельные k-е столбцы в j-м домене – D_{jk}; i-ю строку в j-м домене – $D_i^{(j)}$, а k-й компонент i-й строки j-го домена – $D_i^{(jk)}$. Уточним, что при квантовом описании этих понятий двоичные домены D_j отвечают интервальным доменным квантам 1-го уровня $tk_1d^{(j)}$ для j-го признака ОПР в строках-конъюнктах матрицы $\|\tilde{Y}\|$. Отдельный столбец $D_{jk} \in \|\bar{Y}\|$ – это k-е значение j-го признака в i-й строке, описываемое компонентным t-квантом 0-го уровня $tk_0\beta_{ki}^{(j)}$. Доменная i-я строка $D_i^{(j)} \in \|\bar{Y}\|$ для j-го признака описывается интервальным доменным t-квантом 1-го уровня $tk_1\beta_{ki}^{(j)}$. Элементу $D_i^{(jk)} \in \|\bar{Y}\|$ отвечает компонентный t-квант 0-го уровня $tk_0\beta_i^{(jk)}$, который описывает k-е значение j-го признака в i-й строке. Здесь $1 \le i \le m$, $1 \le j \le n$, $1 \le k \le \rho_j$, где n – общее количество признаков ОПР, m – число строк матрицы $\|\tilde{Y}\|$, ρ_j – количество значений признаков в j -м домене.

Определение 2. Интервальный t-квант знаний tk_1Y 1-го уровня, в котором, по крайней мере, один домен полностью заполнен нулями («0»), называется $t\mu$-квантом и обозначается $tk_1\mu$. В частном случае, когда все домены заполнены нулями, имеем так называемый t0-квант, который обозначим tk_10.

Определение 3. Интервальный t-квант знаний s -го уровня tk_sB логически следует из tk-знаний s-го уровня $tk_sA, (s = 1, 2)$, то есть $tk_sA \Rightarrow tk_sB$ только при выполнении отношения «$\subseteq$» для их характеристических множеств $E(\tilde{A})$ и $E(\tilde{B})$:

$$E(\tilde{B}) \subseteq E(\tilde{A}), \text{ если } \left|E(\tilde{A})\right| \ge \left|E(\tilde{B})\right|. \qquad (14)$$

Напомним, что здесь и далее символы $E(\tilde{A})$, $E(\tilde{C})$, $E(\|\tilde{C}\|)$, $E(\|\tilde{S}\|)$ выступают как имена характеристических множеств, на которых определены предикаты, выраженные в ДНФ или КНФ. Аналогично (14) определяется логическое следование по отношению к tk-знаниям 2-го уровня:

$$tk_2\|S\| \Rightarrow tk_1C, \text{ если } E(\tilde{C}) \subseteq E(\|\tilde{S}\|), \qquad (15)$$

$$tk_2\|S\| \Rightarrow tk_2C, \text{ если } E(\tilde{C}) \subseteq E(\|\tilde{S}\|), \qquad (16)$$

Определение 4. Отрицанием t-кванта tk_1A называется t-квант

$$tk_1N = -tk_1A \qquad (17)$$

полученный из tk_1A путем инверсии его компонент $D_A^{(jk)}$:

$$\forall_j \forall_k (D_N^{(jk)} = \neg D_A^{(jk)}) \qquad (18)$$

Определение 5. Конъюнкцией (дизъюнкцией) t-квантов tk_1A и tk_1B называется t-квант tk_1C:

$$tk_1C = tk_1A \wedge (\vee) tk_1B, \qquad (19)$$

образованный покомпонентной конъюнкцией (дизъюнкцией)

$$\forall_j \forall_k (D_C^{(jk)} = D_A^{(jk)} \wedge (\vee) D_B^{(jk)}), \qquad (20)$$

Примем без доказательств следующие необходимые леммы [8,11].

Лемма 1. Элементный t-квант знаний $tk_1Y_в$ принадлежит интервальному кванту tk_1Y, то есть $tk_1Y_в \subseteq tk_1Y$, тогда и только тогда, когда

$$\neg tk_1Y \wedge tk_1Y_в = tk_1 0, \quad (21)$$

Лемма 2. Интервальный квант tk_1A содержится в интервальном кванте tk_1B, то есть $tk_1A \subseteq tk_1B$, тогда и только тогда, когда

$$\neg tk_1B \wedge tk_1A = tk_1 0, \quad (22)$$

Лемма 3. Интервальный t-квант tk_1A не пересекается с интервальным t-квантом tk_1B, то есть $tk_1A \cap tk_1B = \varnothing$, тогда и только тогда, когда

$$tk_1A \wedge tk_1B = tk_1\mu, \quad (23)$$

Определение 6. Интервал $\tilde{Y}_{min} \subseteq B_t^N$ называется минимальным и содержащим заданную совокупность элементов-точек $\tilde{Y}_{ei} \subseteq \tilde{Y}_{min}$, если не существует другого меньшего интервала, содержащего указанные элементы $\tilde{Y}_{ei}$.

Лемма 4. Минимальный интервал $\tilde{Y}_{min}$, содержащий заданную совокупность элементов $\{\tilde{Y}_{e1},...,\tilde{Y}_{em}\}$, описывается минимальным интервальным t-квантом mtk_1Y:

$$mtk_1Y = tk_1Y_{e1} \vee ... \vee tk_1Y_{em} = \mathop{\vee}_{i=1}^{m} tk_1Y_{ei}, \quad (24)$$

Отметим, что искомый результат-следствие дедуктивного вывода решений в поставленных выше B_t –, C_t – задачах должен содержаться в минимальном интервале.

2.2. Операторы и алгоритмы для дедуктивного вывода решений в управлении знаниями

2.2.1. Оператор редукции импликативных tk-знаний (RED-оператор)

Излагаемые ниже операторы преобразования tk-знаний синтезированы на основе использования идеи операторной tРАКЗ-модели $M_{оп}$ дедуктивного вывода решений (см. п.1) и операций машинной алгебры над tk - знаниями в векторно-матричной форме.

Определение 7. Оператором редукции или RED-оператором преобразования запретных tk - знаний 1-го уровня $t\bar{\Sigma}_{u1} = tk_1\bar{Y}$ или 2-го уровня $t\bar{\Sigma}_{u2} = tk_2 \| \bar{Y} \|$ по известным tk_1Y_ω называется процедура поиска редуцированных tk - знаний $t\bar{\Sigma}^*_{u1}$ или $t\bar{\Sigma}^*_{u2}$:

$$t\bar{\Sigma}^*_{u1} = RED(t\bar{\Sigma}u1 = tk_1\bar{Y} \mid tk_1Y_\omega; A_{RED}), \quad (25)$$

$$t\bar{\Sigma}^*_{u2} = RED(t\bar{\Sigma}_{u2} = tk_2\bar{Y} \mid tk_1Y_\omega; A_{RED}), \quad (26)$$

с помощью алгоритма A_{RED}, где символ «|» заменяет предлог «по». Смысл RED-оператора состоит в выделении из $t\bar{\Sigma} = БtkЗ$ только тех запретных tk-знаний $t\bar{\Sigma}^* \in t\bar{\Sigma}$, которые имеют отношение к наблюдениям tk_1Y_ω, т.е. в выявлении связи ОПР ω, с БtkЗ.

Алгоритм A_{RED}

Вход: импликативные tk-знания $t\bar{\Sigma} = БtkЗ = tk_2 \| \bar{Y}_Б \|$; сведения об ОПР $\omega - tk_1Y_\omega$.

Выход: результат редукции: tk-знания $t\bar{\Sigma}^* = RED(t\bar{\Sigma} \mid tk_1Y_\omega; A_{RED})$.

Действия:

1. Получение tk-знаний $t\bar{\Sigma}_1 = tk_2 \|\bar{Y}_Б\| \wedge tk_1 Y_\omega$ по определению 5.;
2. Нахождение tk-знаний $t\bar{\Sigma}_2$ путем удаления из $t\bar{\Sigma}_1$ «0»-х столбцов с $\forall_j \forall_k D_i^{jk} = 0$;
3. Получение tk-знаний $t\bar{\Sigma}_3$ путем удаления из $t\bar{\Sigma}_2$ строк-конъюнктов с «нулевыми» доменами (т.е. $tk_1\mu$);
4. Формирование редуцированных tk-знаний $t\bar{\Sigma}^*$ посредством избавления в $t\bar{\Sigma}_3$ от полностью «1»-х («единичных») одноэлементных доменов, для которых D^j=1.
5. Конец.

Результат после применения RED-оператора к запретным tk - знаниям подлежит проверке на общезапретность путём использования соответствующего POZ-оператора, который рассматривается ниже.

2.2.2. Оператор проверки импликативных tk-знаний на общезапретность (POZ-оператор)

Классическое определение логического следствия гласит: «из A следует B» тогда и только тогда, когда логическая формула |=(A→B) – общезначима, т.е. тавтология «|=». В нашем случае понятие общезапретности относительно запретных tk-знаний эквивалентно понятию общезначимости.

Определение 8. Запретные tk - знания 1-го $tk_1\bar{A}$ или 2-го $tk_2\|\bar{A}\|$ уровня называются общезапретными (общезначимы), если соответствующие им конечные предикаты тождественно истинны на всех наборах значений своих переменных, (то есть, «запрещено все»).

Определение 9. Простым запретным tk - знанием 1-го уровня называется запретный конъюнкт

$tk_1^{\&}\overline{\Pi}$, логически следующий из системы запретов $t\overline{\Sigma}$, если при любой замене «0» на «1» в его доменах получается конъюнкт, не следующий логически из $t\overline{\Sigma}$. Очевидно, произвольный (векторный или матричный) общезапретный t-квант всегда содержит только один простой, так называемый единичный t-квант 1-го уровня tk_1 1(«запрещено всё»):

$$tk_1 1 = [11...1:...:11...1:...:11...1], \qquad (27)$$

Теорема 1. Для произвольного запретного t-кванта знаний 2-го уровня $t\overline{\Sigma} = tk_2\|\overline{Y}\|$ нахождение системы логически следующих из $t\overline{\Sigma}$ простых запретных квантов $tk_2\|\overline{\Pi_i}\|, (i=1,2,\dots)$ обеспечивается действиями следующего алгоритма аПК:

1. Посредством Tu-оператора [10] из $t\overline{\Sigma}$ получить систему $t\overline{\Sigma_1} = \{tk_1\overline{Y}_1,...,tk_1\overline{Y}_r\}$ t-квантов знаний 1-го уровня, которые условно логически следуют из $t\overline{\Sigma}$.

2. Сформировать совокупность tk-знаний $t\overline{\Sigma_2}$ как объединение $t\overline{\Sigma} \cup t\overline{\Sigma_1}$:

3. Найти совокупность tk-знаний $t\overline{\Sigma_3} = \{tk_1\overline{Y_1},...,tk_1\overline{Y_s}\}, s \le (m+r)$ путем применения к $t\overline{\Sigma_2}$ Т-оператора [10] и удалить все традуктивно выводимые при этом tk - знания.

4. Совокупность $t\overline{\Sigma_3}$ скомпоновать как систему простых запретных t-квантов в виде искомого результата $t\overline{\Sigma_3} = \{tk_1\overline{\Pi_1}, tk_1\overline{\Pi_2},...,tk_1\overline{\Pi_s}\} = tk_2\|\overline{\Pi_s}\|$

Конец.

Определение 10. POZ-оператором называется процедура алгоритмической проверки импликативных tk - знаний $t\overline{\Sigma} = tk_i\overline{Y}, (i=1,2)$ на общезапретность вида:

$$POZ\left(t\overline{\Sigma}; A_{POZ}(t\overline{\Sigma}); tk_2\|\overline{\Pi}\|\right) = \\ = \begin{cases} 1, \text{если } A_{POZ}\left(t\overline{\Sigma}\right) = tk_1 1, -\text{общезапретен}, \\ 0, \text{если } A_{POZ}\left(t\overline{\Sigma}\right) \ne tk_1 1, -\text{необщезапрет}, \end{cases} \qquad (28)$$

посредством алгоритма $A_{POZ}\left(t\overline{\Sigma}; a\Pi K\right)$, который использует приведенный в теореме 1 алгоритм аПК для поиска простых запретных t-квантов и выполняет действия:

1. Определение последовательности простых запретов $tk_1\overline{\Pi}_i, (1 \le i \le s)$ посредством применения алгоритма аПК1 к $t\overline{\Sigma}$:аПК $(t\overline{\Sigma}) = \{tk_1\overline{\Pi_1},...,tk_1\overline{\Pi_s}\}$, $s = 1,2,...$;

2. Формирование значения $POZ\left(t\overline{\Sigma}|; A_{POZ}(t\overline{\Sigma});\ tk_2\|\overline{\Pi}\|\right) = 1$, если результат аПК$(t\overline{\Sigma})$ содержит единичный квант $tk_1 1 = [11\cdots1:11\cdots1:...:11\cdots1]$, (это значит, что t - квант $t\overline{\Sigma}$ общезапретен). В противном случае $POZ\left(t\overline{\Sigma}|; A_{POZ}(t\overline{\Sigma});\ tk_2\|\overline{\Pi}\|\right) = 0$, что указывает на не общезапретность t-кванта $t\overline{\Sigma}$.

Теорема 2. Запретный t-квант $tk_1\overline{Y}$ логически дедуктивно следует из системы запретных квантов $t\overline{\Sigma}$, т.е. $t\overline{\Sigma} \xrightarrow{DED} tk_1\overline{Y}$, тогда и только тогда, когда редуцированная по формуле (26) система $t\overline{\Sigma}^* = RED(t\overline{\Sigma} \mid tk_1\overline{Y}; A_{RED})$ – общезапретна.

Дедуктивный вывод tk-знаний (DED-оператор)

На множестве tk-знаний возможен дедуктивный вывод частных tk-знаний из общих посредством DED-оператора и традуктивный вывод частных tk-знаний из частных путём применения Т-оператора [7].

Определение 11. Дедуктивным выводом tk-знаний-следствий 0-го $tk_0\beta_i^{(jk)}$, 1-го tk_1Y_e, tk_1Y и 2-го уровней из общих tk - знаний $t\Sigma$ 2-го уровня называется алгоритмический процесс нахождения указанных логических следствий, который реализуется с помощью специальных алгоритмов дедукции: A1, A2, A3, A4 [7] и записывается в виде

$$DED(t\Sigma; AI; tk_sR) = t\Sigma \underset{AI}{\overset{DED}{\Rightarrow}} tk_sR,$$
$$tk_sR \in \left\{tk_0\beta_i^{(jk)}, tk_1Y_в, tk_1Y, tk_2\|P\|\right\} \qquad (29)$$

под названием «DED-оператор». Здесь AI – I-й алгоритм дедукции $(I = \overline{1,4})$, tk_sR – результат-следствие s-го уровня (s = 0,1,2) вида: $tk_0\beta_i^{(jk)}$, tk_1Y_e, tk_1Y или $tk_2\|P\|$.

Рассмотрим схемы модификаций операторов дедукции DED1, DED2, DED3 с соответствующими алгоритмами AL1, AL2, AL3, а также приведём необходимые теоремы [9,11] для обоснования вывода искомых решений в управлении знаниями. Пусть задана база импликативных Btk3 = $t\overline{\Sigma}_{BZ}$ либо простых запретных $tk_2\|\overline{\Pi}_{BZ}\|$ tk - знаний и квант tk_1Y_ω знаний о наблюдаемом ОПР $\omega \in \Omega$ в исследуемой предметной области Ω. Требуется синтезировать алгоритм AL1 для определения возможного состояния $tk_2\left\|\overline{Y}^*_\omega\right\|$ ОПР ω по кванту наблюдений tk_1Y_ω, опираясь на известную BtkЗ, т.е. алгоритмически реализовать дедуктивный вывод искомого решения по операторной схеме:

$$DED1(t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ}; tk_1Y_\omega; AL1; tk_5\alpha R) = \\ = tk_2\left\|\overline{\Pi}_{BZ}\right\| \underset{tk_1Y_\omega;\ AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}} tk_s\alpha R\ , \qquad (30)$$

где $s = 0,1,2$;

$\alpha \in \{B = "B_t - задача",\ C = = "C_t - задача"\}$.

Под возможным состоянием ОПР ω будем понимать класс, к которому относится ОПР ω при использовании идентификационной БtkЗ (B_t – задача), либо категорию (значение) прогноза относительно значений признаков ОПР ω, при использовании прогнозной БtkЗ (C_t – задача).

Алгоритм AL1

Вход: tk - знания БtkЗ=$t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ} \sim tk_2 \| \overline{\Pi}_{BZ} \|$ и наблюдения tk_1Y_ω за ОПР ω.

Выход: дедуктивно выведенные из БtkЗ по наблюдениям tk_1Y_ω редуцированные tk – знания $tk_2\left\|\overline{Y}^*_\omega\right\|$ о возможном состоянии ОПР ω.

Действия:

1. Редуцировать tk-знания БtkЗ = $t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ}$ по tk_1Y_ω посредством RED-оператора (см. определение 7) и получить в результате t-квант $t\overline{\overline{\Sigma}}^*_\omega = tk_2\left\|\overline{Y}^*_\omega\right\| = RED(t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ} \mid tk_1Y_\omega; A_{RED})$.

2. Присвоить выходному значению алгоритма AL1 результат $t\overline{\overline{\Sigma}}^*_\omega$, т.е. AL1=$t\overline{\overline{\Sigma}}^*_\omega = tk_2\left\|\overline{Y}^*_\omega\right\|$.

3. Конец AL1.

Определение 12. Алгоритмическая процедура по схеме (30) вида

$$DED1(t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ}; tk_1Y_\omega; AL1; tk_5\alpha R) = \\ = tk_2\left\|\overline{\Pi}_{BZ}\right\| \underset{tk_1Y_\omega;\ AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}} tk_s\alpha R\ , \qquad (31)$$

где $t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ} = tk_2\alpha \| \overline{\Pi}_{BZ} \|$, $tk_s\alpha R\ = tk_2\alpha\left\|\overline{Y}^*_\omega\right\|$,

$\alpha \in \{B = "B - задача", C = "C - задача"\}$, реализующая получение редуцированных tk-знаний $tk_2\left\|\overline{Y}^*_\omega\right\|$ о возможном состоянии ОПР ω по запретной БtkЗ = $= t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ}$ и наблюдаемым tk_1Y_ω tk-знаниям с помощью алгоритма AL1, называется оператором дедуктивного вывода 1-й модификации или DED1-оператором.

Теорема 3 Если система запретных tk-знаний $t\overline{\overline{\Sigma}}^*_\omega = tk_2\left\|\overline{Y}^*_\omega\right\|$, полученная из БtkЗ = $t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ}$ и tk_1Y_ω посредством DED1-оператора (31), общезапретна, то наблюдения tk_1Y_ω за ОПР ω противоречат БtкЗ = $t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ} = tk_2 \| \overline{\Pi}_{BZ} \|$. При достаточно представительной и непротиворечивой БtкЗ $= t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ}$, интервал пространства B^N_t, описываемый квантом наблюдений tk_1Y_ω, должен частично пересекаться с областью запретов БtкЗ $= tk_2 \| \overline{\Pi}_{BZ} \|$, образуя интервал кванта $tk_2\left\|\overline{Y}^*_\omega\right\|$. Не пересекающаяся часть области tk_1Y_ω является дополнением до интервала кванта $tk_2\left\|\overline{Y}^*_\omega\right\|$, в которой и содержится искомая идентификационная или прогнозная информация для принятия решений.

Далее требуется по схеме (30) реализовать логический вывод из запретной БtкЗ = $t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ}$ по наблюдениям tk_1Y_ω, чтобы выяснить, может ли ОПР $\omega \in \Omega$ обладать k-м значением $\beta^{(j)}_{k\omega}$ целевого признака $x^{(jц)}_\omega$. В терминах ИКЗ [8] это значит, что нужно сначала на языке t-квантов сформировать вспомогательный квант 1-го уровня $tk_1\beta^{(j)}_\omega$ общего вида:

$$tk_1\beta^{(j)}_\omega = [1^{(1)}_{1\omega}...1^{(1)}_{\rho_1\omega} : ... : 0^{(j)}_{1\omega}... \\ ...1^{(j)}_{k\omega}...0^{(j)}_{\rho_j\omega} : ... : 1^{(n)}_{1\omega}...1^{(n)}_{\rho_n\omega}], \qquad (32)$$

который содержит «$1^{(j)}_{k\omega}$» только на месте k-го компонента в j-м домене, где на других местах стоят символы «0», а остальные домены полностью «единичные». Затем необходимо дважды рекурсивно применить к БtкЗ $= t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ} = tk_2\left\|\overline{\Pi}_{BZ}\right\|$ DED1 – оператор (31). Первое применение обеспечит результат $t\overline{\overline{\Sigma}}^*_{BZ}$ редукции БtкЗ по кванту наблюдений tk_1Y_ω. Второе применение даст результат $t\overline{\overline{\Sigma}}^{**}_{BZ}$ редуцирования $t\overline{\overline{\Sigma}}^*_{BZ}$ по кванту $tk_1\beta^{(j)}_\omega$ (32).

Теорема 4. Известны БtкЗ $= t\overline{\overline{\Sigma}}_{BZ} = tk_2\left\|\overline{\Pi}_{BZ}\right\|$, наблюдения за ОПР $\omega \in \Omega$ в виде

$$tk_1Y_\omega = \\ = [\beta^{(1)}_{1\omega},...,\beta^{(1)}_{\rho_1\omega} : ... : \beta^{(j)}_{1\omega}...\beta^{(j)}_{\rho_2\omega} : ... : \beta^{(n)}_{1\omega}...\beta^{n}_{\rho_n\omega}], \quad (33)$$

и вспомогательный квант 1-го уровня $tk_1\beta^{(j)}_\omega$ (32), которому отвечает t-квант 0-го уровня $tk_0\beta^{(jц)}_{k\omega} = \left[\beta^{(j)}_{\omega k}\right] \equiv tk_1\beta^{(j)}_\omega$, описывающий факт (условие) обладания ОПР ω k-м значением $\beta^{(jц)}_{k\omega}$ j-го целевого признака $x_\omega^{(jц)}$. Пусть редуцированные tk-знания $t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{**}$, полученные последовательной двойной редукцией $БtкЗ = t\bar{\Sigma}_{BZ} = tk_2\|\bar{\Pi}_{BZ}\|$ путём следующего рекурсивного применения DED1-оператора (31):

$$t\bar{\Sigma}_{BZ}^{**} =$$

$$= ((tk_2\|\bar{\Pi}_{BZ}\| \underset{tk_1Y_\omega;AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}} tk_2\|\bar{\Pi}_{BZ}^{*}\|) \underset{tk_1\beta_{k\omega}^{(jц)};AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}}$$

$$\underset{tk_1\beta_{k\omega}^{(jц)};AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}} (tk_2\|\bar{\Pi}_{BZ}^{**}\| = t\bar{\Sigma}_{BZ}^{**})) \qquad (34)$$

содержат целевой признак $x_\omega^{(jц)}$ с некоторыми значениями $\beta_{k\omega}^{(jц)}(k = \overline{1,\rho_{j\omega}}; j = \overline{1,n})$. Тогда, если tk-знания $t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{**}$ (34) оказываются общезапретными, то ОПР ω не обладает значением $\beta_{k\omega}^{(jц)}$ целевого признака $x_\omega^{(jц)}$ (т.е. $\beta_{k\omega}^{(j)}$ – запрещено). Если tk-знания $t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{**}$ - не общезапретны, то ОПР ω обладает значением $\beta_{k\omega}^{(jц)}$ целевого признака $x_\omega^{(jц)}$.

Алгоритм AL2

Вход: tk-знания: $БtкЗ = t\bar{\Sigma}_{BZ} = tk_2\|\bar{\Pi}_{BZ}\|$, наблюдения tk_1Y_ω и вспомогательный

$$tk_1\beta_{k\omega}^{(j)} = \left[1_1^{(1)}...1_{\rho_1}^{(1)} :...: 0_1^{(j)}...1_k^{(j)}...0_{\rho_j}^{(j)} :...: 1_1^{(n)}...1_{\rho_n}^{(n)}\right] \equiv$$

$$\equiv tk_0\beta_{k\omega}^{(j)} = \left[\beta_{k\omega}^{(j)}\right].$$

Выход: подтверждение либо отрицание того, что ОПР ω обладает значением $\beta_{k\omega}^{(jц)}$ признака $x_\omega^{(jц)}$ согласно значениям «1» или «0» на выходе алгоритма AL2.

Действия:

1. Выполнить дедуктивный вывод кванта $t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{*}$ из $t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}$ DED1-оператором (33):

$$t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{*} = (БtкЗ = t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ} =$$

$$= tk_2\|\bar{\Pi}_{BZ}\|) \underset{tk_1Y_\omega;AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}} (tk_2\|\bar{\Pi}^{*}{}_{BZ}\| = t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{*})$$

и проверить $t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{*}$ на общезапретность с помощью POZ-оператора (28). В случае общезапретности $t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{*}$ выдать соответствующее сообщение и остановить алгоритм для вынужденного устранения противоречий между БtkЗ и наблюдениями tk_1Y_ω; в противном случае – перейти к п. 2.

2. С помощью DED1-оператора (31) дедуктивно вывести квант $t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{**}$ из $t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{*}$:

$$t\bar{\Sigma}_{BZ}^{**} = (t\bar{\Sigma}_{BZ}^{*} =$$

$$tk_2\|\bar{\Pi}_{BZ}^{*}\|) \underset{tk_1\beta_{k\omega}^{(j\omega)};AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}} (tk_2\|\bar{\Pi}_{BZ}^{**}\| = t\bar{\Sigma}_{BZ}^{**})$$

3. Применить POZ-оператор (28) к системе tk-знаний $t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{**}$:

$$POZ(t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{**} \mid A_{POZ}) = \begin{cases} 1, \text{ если } t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{**} \text{ –общезапретен;} \\ 0, \text{ если нет.} \end{cases}$$

4. Применить POZ-оператор (28) к системе tk-знаний $t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{**}$:

$$AL2 = \begin{cases} 1, \text{ если } POZ(t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{**} \mid A_{POZ}) = 0, \\ 0, \text{ если } POZ(t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}^{**} \mid A_{POZ}) = 1, \end{cases}$$

(«1», т.е. ОПР ω обладает значением $\beta_{k\omega}^{(jц)}$ целевого признака $x_\omega^{(jц)}$, «0», т.е. ОПР ω не обладает значением $\beta_{k\omega}^{(jц)}$ целевого признака $x_\omega^{(jц)}$).

5. Конец AL2.

Определение13. Алгоритмическая процедура вида:

$$DED2(t\bar{\Sigma}_{BZ}, tk_1Y_\omega, tk_1\beta_{k\omega}^{(j)}; AL1, AL2; tk_0\beta_{k\omega}^{(j)}) =$$

$$= (((t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ} \underset{tk_1Y_\omega;AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}} t\bar{\bar{\Sigma}}_\omega^{*}) \underset{tk_1\beta_{k\omega}^{(j)};AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}}$$

$$\underset{tk_1\beta_{k\omega}^{(j)};AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}} t\bar{\bar{\Sigma}}_\omega^{**}) \underset{POZ(\bar{\Sigma}_\omega^{\bullet\bullet}|A);AL2}{\overset{DED2}{\Rightarrow}} tk_0\beta_{k\omega}^{(j)}), \qquad (35)$$

которая с помощью алгоритмов AL1 и AL2 подтверждает или опровергает дедуктивное заключение о том, что согласно наблюдаемым tk-знаниям tk_1Y_ω и заданной $БtкЗ = t\bar{\Sigma}_{BZ} = tk_2\|\bar{\Pi}_{BZ}\|$ ОПР ω обладает значением $\beta_{k\omega}^{(jц)}$ целевого признака $x_\omega^{(jц)}$, называется оператором дедуктивного вывода 2-й модификации или DED2-оператором.

Теорема 5. Окончательное решение о том, что ОПР ω обладает лишь одним k-м значением $\beta_{k\omega}^{(j)}$, $(1 \le j \le n;\ 1 \le k \le \rho_j;\ 2 \le \rho_j \le m)$ целевого признака $x_\omega^{(jц)}$, принимается только тогда, когда применение DED2-оператора (35) в соответствии с теоремой 4 опровергает этот факт для остальных ($\rho_j = 1$) значений признака $x_\omega^{(jц)}$.

Возникает задача уточнённого определения возможных комбинаций значений целевого признака $x_\omega^{(jц)}$ как результата $tk_sR_\omega(s = 1,2)$ вывода решений путём нахождения минимального (по определению 6) интервала $\tilde{R}_{min}^{\omega}$ локализации ОПР ω, описываемого минимальными tk-знаниями mtk_sR_ω в пространстве). Решение указанной задачи выполняет специальный алгоритм AL3.

Алгоритм AL3

Вход: $БtkЗ = t\bar{\Sigma}_{BZ} = tk_2\left\|\bar{\Pi}_{BZ}\right\|$, наблюдаемые tk-знания tk_1Y_ω и tk-знания вида (32) о предполагаемых i-х значениях j-го признака $x_\omega^{(jц)}$ ОПР ω, которые описаны t-квантами:

$$tk_1\beta_{1\omega}^{(j)},\quad tk_1\beta_{2\omega}^{(j)},\dots,tk_1\beta_{m_j\omega}^{(j)},\qquad 1\le j\le n,\ 1\le i\le m_j,\ 1\le m_j\le\rho_j \tag{36}$$

Выход: файл $F(R_\omega)$, содержащий минимальный t-квант знаний $mtk_sR_\omega,(s=1,2)$ о возможных комбинациях значений целевых признаков данного ОПР ω в зависимости от имеющихся наблюдений tk_1Y_ω и БtkЗ.

Действия:

1. Выполнить дедуктивный вывод tk-знаний $t\bar{\Sigma}_{BZ}^*$ из $БtkЗ = tk_2\left\|\bar{\Pi}_{BZ}\right\|$ посредством DED1-оператора (31):

$$t\bar{\Sigma}_{BZ}^* = (t\bar{\Sigma}_{BZ} = tk_1\left\|\bar{\Pi}_{BZ}\right\|)\underset{tk_1Y_\omega;AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}}(tk_2\left\|\bar{\Pi}_{BZ}^*\right\| = t\bar{\Sigma}_{BZ}^*)$$

2. Применить POZ-оператор (28) к $t\bar{\Sigma}_{BZ}^*$. Если $POZ(t\bar{\Sigma}_{BZ}^*\mid A_{POZ})=1$, выдать сообщение об общезапретности системы $t\bar{\Sigma}_{BZ}^*$, устранить противоречия между БtkЗ и tk_1Y_ω, и перейти к п. 1. Если $POZ(t\bar{\Sigma}_{BZ}^*\mid A_{POZ})=0$, перейти к выполнению п. 3.

3. Задать последовательность (36) формируемых эквивалентных tk-знаний вида (32) для уточнённого определения возможных комбинаций значений признаков $x_\omega^{(jц)}$:

$$tk_1\beta_{1\omega}^{(j)},tk_1\beta_{2\omega}^{(j)},\dots,tk_1\beta_{m_j\omega}^{(j)},\ 1\le i\le m_j,1\le j\le n,1\le m_j\le\rho_j$$

отвечающих наборам значений интересуемых целевых признаков данного ОПР ω, содержащихся в кванте наблюдений tk_1Y_ω.

4. Положить j = 1, i = 1 и по схеме «вложенные циклы» от j = 1 до j = n и от i = 1 до i = m_j выполнить следующие действия.

4.1. Дедуктивно вывести (i,j)-й элемент $t\bar{\Sigma}_{BZ}^{**(ij)}$ совокупности редуцируемых tk-знаний из $t\bar{\Sigma}_{BZ}^*$ по $tk_1\beta_{i\omega}^{(j)}$ с помощью DED1-оператора (31):

$$t\bar{\Sigma}_{BZ}^{**(ij)} = (t\bar{\Sigma}_{BZ}^* = tk_2\left\|\bar{\Pi}_{BZ}^*\right\|)\underset{tk_1\beta_{i\omega}^{(j)};AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}}(tk_2\left\|\bar{\Pi}_{BZ}^{**}\right\| = \bar{\Sigma}_{BZ}^{**(ij)}), \tag{37}$$

4.2. Применить к элементу $t\bar{\Sigma}_{BZ}^{**(ij)}$ POZ-оператор (28) согласно с теоремой 4 и предусмотреть в конце внутреннего цикла по $i=\overline{1,m_j}$ формирование вектора-маски $m^{(j)}{}_\omega$, компоненты $m_{i\omega}^{(j)}$ которой образуются по следующим правилам:

а) если $POZ(t\bar{\Sigma}_{BZ}^{**(ij)}\mid A_{POZ})=0$, то наблюдаемый ОПР ω обладает значением $\beta_{i\omega}^{(j)}$ признака $x_\omega^{(jц)}$ и поэтому в соответствующую $\beta_{i\omega}^{(j)}$ позицию $m_{i\omega}^{(j)}$ вектора-маски $m^{(j)}{}_\omega$ занести «1»;

б) если $POZ(t\bar{\Sigma}_{BZ}^{**(ij)}\mid A_{POZ})=1$, то ОПР ω не обладает значением $\beta_{i\omega}^{(j)}$ признака $x_\omega^{(jц)}$, и поэтому в соответствующую позицию $m_{i\omega}^{(j)}$ вектора-маски $m^{(j)}{}_\omega$ занести «0».

4.3. Завершить внутренний цикл при $i=m_j+1$ формированием вектора-маски $m^{(j)}{}_\omega$ путём заполнения всех m_j её компонентов (позиций) «нулями» или «единицами» согласно действиям п. 4.2 а) и б).

4.4. Преобразовать j-й домен кванта tk_1Y_ω, заменив его там, где требуется, вектором-маской $m^{(j)}{}_\omega$ с учетом уточняемых i-х значений j-го признака $x_\omega^{(jц)}$ ОПР ω.

5. Завершить внешний цикл при j = n+1 формированием выводимого минимального кванта $mtk_sR_\omega,(s=1,2)$ путем корректировки по правилам а) и б) п. 4.2, а также соответствующим переименованием данного кванта наблюдений tk_1Y_ω.

6. Сформировать файл $F(R_\omega)$ для t-кванта $mtk_sR_\omega,(s=1,2)$ с семантикой.

7. Конец AL3.

Теорема 6. Если наблюдения за ОПР ω зафиксированы tk-знаниями tk_1Y_ω и задана запретная $БtkЗ = t\bar{\Sigma}_{BZ} = tk_2\left\|\bar{\Pi}_{BZ}\right\|$, то возможные комбинации i-х значений $\beta_{i\omega}^{(j)}$, $(1\le j\le n,\ 1\le i\le\rho_j)$ j-го целевого признака $x_\omega^{(jц)}$ ОПР ω определяются минимальным t-квантом $mtk_sR_\omega,(s=1,2)$. Он содержит tk-знания редуцированной системы запретных квантов $t\bar{\Sigma}_{BZ}^*$ и получается путём анализа на общезапретность результата $t\bar{\Sigma}_{BZ}^{**}$ (37) редукции $t\bar{\Sigma}_{BZ}^*$ по квантам $tk_1\beta_{i\omega}^{(j)}$ (36) с уточнением значений целевых признаков $x_{\omega}^{(j\mu)}$ ОПР ω посредством алгоритма AL3 согласно теоремам 4 и 5.

Определение 14. Алгоритмическая процедура вида:

$$DED3(t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ}, tk_1Y_{\omega}, \left\{tk_1\beta_{i\omega}^{(j)}\right\}_{i,j=1}^{i=m_j,j=n}; AL3;\ mtk_sR_{\omega}) =$$

$$= \left\{tk_2\left\|\overline{\Pi}_{BZ}\right\|, tk_1Y_{\omega}, tk_2\left\|\overline{\Pi}_{BZ}^{*(i,j)}\right\|, tk_2\overline{\Pi}_{BZ}^{**(i,j)}\right\} \underset{tk_1\beta_{i\omega}^{(j)};AL3}{\overset{DED3}{\Longrightarrow}}$$

$$\underset{tk_1\beta_{i\omega}^{(j)};AL3}{\overset{DED3}{\Longrightarrow}} mtk_sR_{\omega};\ 1 \le i \le \rho_j,\ s = 1,2 \qquad (38)$$

которая посредством алгоритма AL3 реализует дедуктивный вывод из $БtkЗ = t\bar{\bar{\Sigma}}_{BZ} = tk_2\left\|\overline{\Pi}_{BZ}\right\|$ по наблюдениям tk_1Y_{ω} минимального интервального t-кванта знаний mtk_sR_{ω} о возможных комбинациях значений целевых признаков ОПР ω, называется оператором дедуктивного вывода 3-й модификации или DED3-оператором.

3. Общая методика операторного вывода решений в базовых B_t – и C_t – задачах

Согласно поставленной в п.1 общей задаче общая методика принятия решений в управлении знаниями базируется на единой основе дедуктивного операторного вывода прогнозных (C_t – задача) и идентификационных (B_t – задача) решений из запретной БtkЗ по наблюдаемым tk-знаниям о состоянии ОПР заданных S классов. Особенность общей методики отражена в формальных постановках базовых B_t – и C_t – задач (см. п.1). Она состоит в том, что в силу импликативности БtkЗ, методика решения B_t – задачи вывода идентификационных решений как частный случай следует из методики вывода прогнозных решений в C_t – задаче с учётом предпочтений ЛПР.

3.1. Методика операторного вывода прогнозных решений в C_t – задаче и идентификационных решений в B_t – задаче

Предложенная в п.1 формальная постановка C_t – задачи прогнозирования (экстраполяции) отличается от традиционной. В нашем случае краткосрочный или долгосрочный прогноз базируется на без явного учёта времени. Это позволяет считать задачу прогнозирования неизвестного значения j-го признака ОПР ω, (j = 1,2,…,n) задачей распознавания класса ОПР ω. Следовательно, методика решения C_t – задачи полностью базируется на использовании теорем 3 – 6 и по сути совпадает с действиями алгоритма AL3 в DED3-операторе (см. п.п. 2.2.3), с помощью которого дедуктивно выводится искомый прогнозный минимальный t-квант знаний 1-го уровня $mtk_1R_{\omega}^{C}$ из заранее созданной прогнозной $БtkЗ_C$.

Методика решения B_t – задачи строится на основе использования теорем 4, 5 и DED2-оператора (35). Как показано в п.п. 3.1.1, можно также применять для реализации этой методики DED3-оператор (38) и теорему 6. Проиллюстрируем на примере характерные действия методик решения B_t – C_t – задач.

3.1.1. Пример операторного вывода решений в B_t – и C_t – задачах

Пусть наблюдения за ОПР ω из некоторой предметной области характеризуются tk-знаниями $tk_1Y_{\omega}^{C}$:

$$tk_1Y_{\omega}^{C} = \qquad (39)$$

$$= \left[\begin{array}{cccccccccccccc} & & x_1 & & & & & & x_2 & & & & x_3 & \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & & 1 & 2 & 3 & & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & - & : & 1 & 1 & 0 & : & 0 & 1 & 1 & 0 \end{array}\right]$$

где признак x_1 ОПР ω принимает $\rho_1 = 6$ значений, (причём, 6-е значение не измерено); признак x_2 – $\rho_2 = 3$ значения и $x_3 - \rho_3 = 4$ значения в 13-мерном пространстве моделей $B_t^{N=13}$. Семантика tk-знаний (41) гласит: «ОПР ω обладает 2-м ИЛИ 3-м значением признака x_1, И 1-м ИЛИ 2-м значением признака x_2, И 2-м ИЛИ 3-м значением признака x_3». Очевидно , эта информации не полна, чтобы определённо судить о состоянии ОПР ω. Ставится C_t – задача: дать прогноз (экстраполировать) или уточнить по информации (39) измеренные «1»-чные значения всех трёх признаков: $\beta_{2\omega}^{(1)}, \beta_{3\omega}^{(1)}$, $\beta_{1\omega}^{(2)}, \beta_{2\omega}^{(2)}$, $\beta_{2\omega}^{(3)}, \beta_{3\omega}^{(3)}$ и не измеренное 6-е значение $\beta_{6\omega}^{(1)}$ признака x_1, опираясь на заданную прогнозную импликативную $БtkЗ_C$:

$$БtkЗ_c = t\bar{\Sigma}^C_{BZ} = tk_2\left\|\bar{\Pi}_{BZ}\right\| = \begin{array}{c}\begin{bmatrix} & & x_1 & & & & & & x_2 & & & & x_3 & & \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & & 1 & 2 & 3 & & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & : & 1 & 1 & 0 & : & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & : & 0 & 1 & 0 & : & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & : & 1 & 0 & 1 & : & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & : & 1 & 1 & 1 & : & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & : & 0 & 1 & 1 & : & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & : & 0 & 0 & 1 & : & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}\end{array}, \qquad (40)$$

Пусть прогнозная БткЗ$_C$ (40) минимизирована, долгосрочная (на период $\tau_{пр}$) и синтезирована по обучающей выборке (m = 700, n = 3) из конкретной предметной области при допустимом пороге $M^*_s\{m,n,r\} = 10^{-3}$ достоверности гипотезы о существовании запретов ранга r_{max} = 5. Требуется с надежностью $\eta = 1 - M^*_s\{m,n,r\} = 1 - 0,001 = 0,009$ [8] дедуктивно вывести из заданной прогнозной БtkЗ$_C$ (40) по кванту наблюдений tk_1Y_ω (39). Неизвестный минимальный квант знаний $tk_1R^C_\omega$ об уточнённых комбинациях прогнозируемых на период $\tau_{пр}$ «1»-чных значений: $\beta^{(1)}_{2\omega}, \beta^{(1)}_{3\omega}$, $\beta^{(2)}_{1\omega}, \beta^{(2)}_{2\omega}$, $\beta^{(3)}_{2\omega}, \beta^{(3)}_{3\omega}$ признаков x_1, x_2, x_3 и не измеренного значения $\beta^{(1)}_{6\omega}$ признака x_1 ОПР ω. Относительно значения $\beta^{(1)}_{6\omega}$ признака x_1 сформулируем B_t – задачу распознавания, как частный случай C_t – задачи, так. Пусть значение $\beta^{(1)}_{6\omega}$ признака x_1 определяет целевой признак класса (категории) ОПР ω. Необходимо принять идентификационное решение: относится ли ОПР ω (при $\beta^{(1)}_{6\omega}$=1) или не относится (при $\beta^{(1)}_{6\omega}$=0) к классу с № $\beta^{(1)}_{6\omega}$ путем вычисления значения $\beta^{(1)}_{6\omega}$ по кванту наблюдений $tk_1Y^C_\omega$ (39), получаем систему tk-знаний $tk_2\bar{\Sigma}^{*C}_\omega$:

$$tk_2\bar{\Sigma}^{*C}_\omega = ((БtkЗ_C = t\bar{\Sigma}^C_{BZ}) \overset{DED1}{\Rightarrow} tk_2\left\|\bar{\Sigma}^{*C}_\omega\right\|) = tk_1Y^C_\omega \ ; AL1$$

$$= \begin{array}{ccccccccccc} & x_1 & & & & x_2 & & & & x_3 & \\ 2 & 3 & 6 & & 1 & 2 & & & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 0 & : & 1 & 1 & : & & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & : & 0 & 1 & : & & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & : & 1 & 0 & : & & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & : & 1 & 1 & : & & 0 & 1 \end{array} \qquad (41)$$

Квант $tk_2\bar{\Sigma}^{*C}_\omega$ оказался не общезапретен, потому выполняем действие 3 алгоритма AL3. Формируем массивы соответствующих эквивалентных tk-знаний вида (32) и (37), т.е. квантов-запросов при заданных: n = 3, ρ_1 = 6, ρ_2 = 3, ρ_3 = 4, $m_1 = m_2 = m_3 = 2$. Для 2-го и 3-го значений признака x_1 (i = 2,3; j=1) формируем квант-запрос вида:

$$tk_1\beta^{(1)}_{2\omega} = \begin{array}{c}\begin{bmatrix} & x_1 & & & x_2 & & & x_3 & \\ 2 & 3 & 6 & & 1 & 2 & & 2 & 3 \\ 1 & 0 & 0 & : & 1 & 1 & : & 1 & 1 \end{bmatrix}\end{array}, \quad (42)$$

с семантикой: «может ли ОПР ω обладать 2-м значением признака x_1 при заданных БtkЗ$_C$ = $tC\bar{\Sigma}_{BZ}$ (40) и кванте наблюдений tk_1CY_ω (39)» и

$$tk_1\beta^{(1)}_{3\omega} = \begin{array}{c}\begin{bmatrix} & x_1 & & & x_2 & & & x_3 & \\ 2 & 3 & 6 & & 1 & 2 & & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 0 & : & 1 & 1 & : & 1 & 1 \end{bmatrix}\end{array}, \quad (43)$$

с семантикой: «может ли ОПР ω обладать 3-м значением признака x_1 при заданных БtkЗ$_C$ = $tC\bar{\Sigma}_{BZ}$ и кванте наблюдений tk_1CY_ω». По аналогии с выражениями (42) и (43) получаем для значений признаков x_2 (i=1,2; j=2) и x_3 (i =2, 3; j = 3) кванты-запросы:

$$tk_1\beta^{(2)}_{1\omega} = \begin{array}{c}\begin{bmatrix} & x_1 & & & x_2 & & & x_3 & \\ 2 & 3 & 6 & & 1 & 2 & & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & : & 1 & 0 & : & 1 & 1 \end{bmatrix}\end{array}, \quad (44)$$

$$tk_1\beta^{(2)}_{2\omega} = \begin{array}{c}\begin{bmatrix} & x_1 & & & x_2 & & & x_3 & \\ 2 & 3 & 6 & & 1 & 2 & & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & : & 0 & 1 & : & 1 & 1 \end{bmatrix}\end{array}, \quad (45)$$

$$tk_1\beta^{(3)}_{2\omega} = \begin{array}{c}\begin{bmatrix} & x_1 & & & x_2 & & & x_3 & \\ 2 & 3 & 6 & & 1 & 2 & & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & : & 1 & 1 & : & 1 & 0 \end{bmatrix}\end{array}, \quad (46)$$

$$tk_1\beta^{(3)}_{3\omega} = \begin{array}{c}\begin{bmatrix} & x_1 & & & x_2 & & & x_3 & \\ 2 & 3 & 6 & & 1 & 2 & & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & : & 1 & 1 & : & 0 & 1 \end{bmatrix}\end{array} \quad (47)$$

Далее, в цикле выполняем подпункты 4.1 – 4.4 действия 4 алгоритма AL3, осуществляя формирование вектора-маски $m^{(j)}{}_\omega$, (j = 1,2,3) для определения i-ых компонентов j-го домена искомого прогнозного минимального кванта знаний $mtk_1R^C_\omega$ и выводим i-ые tk-знания $t\bar{\Sigma}^{**(j)C}_{i\omega}$ из $tk_2\bar{\Sigma}^{*C}_\omega$ по каждому эквивалентному кванту $tk_1\beta_{i\omega}^{(j)}$ (42) – (47). Применяя к $t\overline{\Sigma}_{i\omega}^{**(j)C}$ POZ-оператор (28) и правила а), б) алгоритма AL3, проиллюстрируем подробнее формирование искомого уточнённого tk-знания $mtk_1 R_{\omega}^{C}$.

На квант-запрос $tk_1\beta_{2\omega}^{(1)}$ (42) при j = 1, i = 2 получаем вывод-ответ:

$$t\overline{\Sigma}_{\omega}^{*C} \underset{tk_1\beta_{2\omega}^{(1)};AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}} \left(t\overline{\Sigma}_{2\omega}^{**(1)C} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & : & 1 & 0 \\ 0 & 1 & : & 1 & 1 \\ 1 & 1 & : & 0 & 1 \end{bmatrix} \right)$$

и (48)

$$POZ\left(\begin{bmatrix} 1 & 1 & : & 1 & 0 \\ 0 & 1 & : & 1 & 1 \\ 1 & 1 & : & 0 & 1 \end{bmatrix} \middle| A_{POZ} \right) = 1 .$$

Поскольку значение POZ-оператора в (48) равно «1», то есть система tk-знаний $t\overline{\Sigma}_{2\omega}^{**(1)C}$ общезапретна, то ОПР ω не обладает значением $\beta_{2\omega}^{(1)} = 1$ признака x_1 и в позицию $m_{2\omega}^{(1)}$ вектора-маски $m_{\omega}^{(1)}$ заносим «0». Это означает, что посредством DED3-оператора (38) выведен компонентный квант 0-го уровня $tk_0\beta_{2\omega}^{(1)} = [0]$, т.е. 2-й компонент 1-го домена ($\beta_{2\omega}^{(1)} = 0$) искомого $tk_1 R_{\omega}^{C}$.

На квант-запрос $tk_1\beta_{3\omega}^{(1)}$ (45) при j = 1, i = 3 получаем вывод-ответ:

$$t\overline{\Sigma}_{\omega}^{*C} \underset{tk_1\beta_{3\omega}^{(2)};AL1}{\overset{DED1}{\Rightarrow}} \left(t\overline{\Sigma}_{3\omega}^{**(1)C} = \begin{bmatrix} 11:10 \\ 01:11 \end{bmatrix} \right)$$

и (49)

$$POZ\left(\begin{bmatrix} 11:10 \\ 01:11 \end{bmatrix} \middle| A_{POZ} \right) = 0 ,$$

Поскольку значение POZ-оператора в (49) равно «0», то есть система tk-знаний $t\overline{\Sigma}_{3\omega}^{**(1)C}$ не общезапретна, то ОПР ω обладает значением $\beta_{3\omega}^{(1)} = 1$ признака x_1 и в позицию $m_{3\omega}^{(1)}$ вектора-маски $m_{\omega}^{(1)}$ заносим «1». Это означает, что посредством DED3-оператора (38) выведен компонентный квант 0-го уровня $tk_0\beta_{3\omega}^{(1)} = [1]$, т.е. 3-й компонент 1-го домена ($\beta_{3\omega}^{(1)} = 1$) искомого $tk_1 R_{\omega}^{C}$. Аналогично выводим значения признаков x_2 и x_3. На квант-запрос $tk_1\beta_{1\omega}^{(2)}$ (57) при i = 1, j = 2 получаем вывод-ответ:

$$t\overline{\Sigma}_{\omega}^{*C} \underset{tk_1\beta_{1\omega}^{(2)};\,AL1}{\overset{DED1}{\Longrightarrow}} \left(t\overline{\Sigma}_{1\omega}^{**(2)C} = \begin{bmatrix} 110:10 \\ 001:10 \\ 101:01 \end{bmatrix} \right)$$

и (50)

$$POZ\left(\begin{bmatrix} 110:10 \\ 001:10 \\ 101:01 \end{bmatrix} \middle| A_{POZ} \right) = 0 ,$$

из которого видно, что ОПР ω обладает значением $\beta_{1\omega}^{(2)} = 1$ признака x_2. Значит в позицию $m_{1\omega}^{(2)}$ вектора-маски $m_{\omega}^{(2)}$ заносим «1» и имеем компонентный квант $tk_0\beta_{1\omega}^{(2)} = [1]$ в искомом $tk_1 R_{\omega}^{C}$. На квант-запрос $tk_1\beta_{2\omega}^{(2)}$ (45) при i = 2, j = 2 получаем вывод-ответ:

$$t\overline{\Sigma}_{\omega}^{*C} \underset{tk_1\beta_{2\omega}^{(2)};AL1}{\overset{DED1}{\Longrightarrow}} \left(t\overline{\Sigma}_{2\omega}^{**(2)C} = \begin{bmatrix} 110:10 \\ 111:11 \\ 101:01 \end{bmatrix} \right)$$

и (51)

$$POZ\left(\begin{bmatrix} 110:10 \\ 111:11 \\ 101:01 \end{bmatrix} \middle| A_{POZ} \right) = 1 ,$$

из которого видно, что ОПР ω не обладает значением $\beta_{2\omega}^{(2)} = 1$ признака x_2. Значит в позицию $m_{2\omega}^{(2)}$ вектора-маски $m_{\omega}^{(2)}$ заносим «0» квант $tk_0\beta_{2\omega}^{(2)} = [0]$ в искомом $tk_1 R_{\omega}^{C}$. На квант-запрос $tk_1\beta_{2\omega}^{(3)}$ (46) при i = 2, j = 3 получаем вывод-ответ:

$$t\overline{\Sigma}_{\omega}^{*C} \underset{tk_1\beta_{2\omega}^{(3)};\,AL1}{\overset{DED1}{\Longrightarrow}} \left(t\overline{\Sigma}_{2\omega}^{**(3)C} = \begin{bmatrix} 110:11 \\ 111:01 \\ 001:10 \end{bmatrix} \right)$$

и (52)

$$POZ\left(\begin{bmatrix} 110:11 \\ 111:01 \\ 001:10 \end{bmatrix} \middle| A_{POZ} \right) = 0 ,$$

который указывает, что ОПР ω обладает значением $\beta_{2\omega}^{(3)} = 1$ признака x_3. В позицию $m_{2\omega}^{(3)}$ вектора-маски $m_{\omega}^{(3)}$ заносим «1» и имеем квант $tk_0\beta_{2\omega}^{(3)} = [1]$, т.е. $\beta_{2\omega}^{(3)} = 1$) в искомом $tk_1 R_{\omega}^{C}$ $\beta_{2\omega}^{(3)} = 1$.

На квант-запрос $tk_1\beta_{3\omega}^{(3)}$ (49) при i = 3, j = 3 получаем вывод-ответ:

$$t\overline{\Sigma}_{\omega}^{*C} \underset{tk_1\beta_{3\omega}^{(3)};\,AL1}{\overset{DED1}{\Longrightarrow}} \left(t\overline{\Sigma}_{3\omega}^{**(3)C} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & : & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & : & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & : & 1 & 1 \end{bmatrix} \right),$$

и (53)

$$POZ\left(\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & : & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & : & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & : & 1 & 1 \end{bmatrix} \middle| A_{POZ} \right) = 0 ,$$

который указывает, что ОПР ω обладает значением $\beta_{3\omega}^{(3)} = 1$ признака x_3 и в позицию $m_{3\omega}^{(3)}$ вектора-маски $m_{\omega}^{(3)}$ заносим «1» и имеем квант $tk_0\beta_{3\omega}^{(3)} = [1]$, т.е. $\beta_{3\omega}^{(3)} = 1$ в искомом $tk_1R_{\omega}^{C}$. Таким образом, после выполнения действий 5 и 6 алгоритма AL3 получаем искомое прогнозное решение, на период $\tau_{пр}$, определяемое квантом знаний $mtk_1R_{\omega}^{C}$:

$$mtk_1R_{\omega}^{C} = \left[\begin{array}{ccccccccccccccc} & & x_1 & & & & & & x_2 & & & & x_3 & & \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & & 1 & 2 & 3 & & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & - & : & 1 & 0 & 0 & : & 0 & 1 & 1 & 0 \end{array}\right], \quad (54)$$

свидетельствующим о найденных комбинациях уточнённых значений признаков наблюдаемого ОПР ω. Семантика найденного кванта $mtk_1R_{\omega}^{C}$ (54) такова: «наблюдаемый ОПР ω обладает 3-м значением признака x_1 И 1-м значением признака x_2 И 2-м ИЛИ 3-м значением признака x_3», что и определяет содержание принимаемого прогнозного решения с заданной надёжностью $\eta = 0.999$.

Для принятия идентификационного решения в частной B_t – задаче распознавания ОПР ω аналогично предыдущему сформируем квант-запрос $tk_1\beta_{6\omega}^{(1)}$ относительно не измеренного значения $\beta_{6\omega}^{(1)}$ признака x_1:

$$tk_1\beta_{6\omega}^{(1)} = \left[\begin{array}{ccccccccc} & x_1 & & & x_2 & & & x_3 & \\ 2 & 3 & 6 & & 1 & 2 & & 2 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & : & 1 & 1 & : & 1 & 1 \end{array}\right], \quad (55)$$

с семантикой: «относится ли ОПР ω к классу с номером, равным значению $\beta_{6\omega}^{(1)}$, судя по имеющимся кванту наблюдений $tk_1Y_{\omega}^{C}$ (39) и базе знаний $БtkЗ_B$ = $БtkЗ_C$ = $t\overline{\Sigma}_{BZ}^{C}$ (40)». Выводим прогнозное решение по значению $\beta_{6\omega}^{(1)}$ признака $x_{\omega}^{1ц}$ с целью распознавания класса состояния ОПР ω посредством алгоритма AL3 (см. п.п. 2.2.3). Выполняя действия 4.1 – 4.4 алгоритма AL3, на квант-запрос $tk_1\beta_{6\omega}^{(1)}$ (55) при i = 6, j = 1 получаем вывод-ответ:

$$t\overline{\Sigma}_{\omega}^{*C} \underset{tk_1\beta_{6\omega}^{(1)};\,AL1}{\overset{DED1}{\Longrightarrow}} \left(t\overline{\Sigma}_{6\omega}^{**(1)B} = \begin{bmatrix} 01:11 \\ 10:10 \\ 11:01 \end{bmatrix} \right)$$

и (56)

$$POZ\left(\begin{bmatrix} 01:11 \\ 10:10 \\ 11:01 \end{bmatrix} \middle| A_{POZ} \right) = 1,$$

Из (56) видно, что ОПР ω не обладает значением $\beta_{6\omega}^{(1)}$=1 признака $x_{\omega}^{1ц}$. В позицию $m_{6\omega}^{(1)}$ вектора-маски $m_{\omega}^{(1)}$ следует занести «$\underline{\underline{0}}$» и имеем компонентный квант $tk_0\beta_{6\omega}^{(1)} = [0]$, т.е. $\beta_{6\omega}^{(1ц)} = "\underline{\underline{0}}"$ вместо прочерка «–» в искомом кванте $tk_1R_{\omega}^{B}$ принимаемого решения:

$$tk_1R_{\omega}^{B} = \left[\begin{array}{ccccccccccccccc} & & x_1 & & & ц.пр & & & x_2 & & & & x_3 & & \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & & 1 & 2 & 3 & & 1 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & \underline{\underline{0}} & : & 1 & 1 & 0 & : & 0 & 1 & 1 & 0 \end{array}\right], \quad (57)$$

Семантика $tk_1R_{\omega}^{B}$: «состояние наблюдаемого ОПР ω не принадлежит к классу состояний с № = $\beta_{6\omega}^{(1ц)}$», судя по восстановленному значению $\beta_{6\omega}^{(1ц)}$ = «$\underline{\underline{0}}$» признака $x_{\omega}^{1ц}$».

Заключение

Сформулирована общая задача принятия решений в управлении знаниями (УЗ) на основе операторных средств инженерии квантов знаний. Формально поставлены B_t – задача операторного вывода идентификационных и C_t – задача вывода прогнозных решений в условиях t-неопределёности и терминах tРАКЗ-моделей. Разработаны теоретический базис и формализованные методики дедуктивного операторного вывода идентификационных и прогнозных решений в УЗ.

Литература

1. *Русские пословицы и поговорки / Под ред. В. Аникина. – М.: Худож. лит., 1988. – 431 с.*
2. *Бараничев В.П. Управление знаниями в инновационной сфере: учебник / В.П. Бараничев. – М.: ООО фирма «Благовест-В», 2007. – 272 с.*
3. *Дресвянников В.А. Построение системы управления знаниями на предприятии: Учебное пособие.– М: КНОРУС, 2006. – 344 с.*
4. *Вебер А.В. Knowledge–технологии в консалтинге и управлении предприятием / А.В. Вебер, А.Д. Данилов, С.И. Шифрин.– СПб: Наука и Техника, 2003. – 176 с.*

5. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений: учебник; изд. третье, перераб. и доп. / О.И. Ларичев. – М.: Университетская книга, Логос, 2006.– 392 с.

6. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений / Э.А. Трахтенгерц. – М.: СИНТЕГ, 1998.– 376 с.

7. Сироджа И.Б. Метод разноуровневых алгоритмических квантов знаний для принятия производственных решений при недостатке и нечёткости данных / И.Б. Сироджа, Т.Ю. Петренко.– К.: Наук. думка, 2000. – 247 с.

8. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления / И.Б. Сироджа. – К.: Наук. думка, 2002. – 420 с.

9. 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.: ХУПС,2006. – Вип. 8(57). – С. 63-81.

10. Сироджа И.Б. Оценивание качества идентификационных и прогнозних решений в инженерии квантов знаний / И.Б. Сироджа // Бионика интеллекта. – 2008. – № 2 (69). – С. 77-83.

11. Сироджа И.Б. Математическое и программное обеспечение интеллектуальных компьютерных систем. Часть 1. Учеб. пособие. / И.Б. Сироджа. – Х.: ХАИ, 1992. – 101 с.

12. Вагнер Г. Основы исследования операций / Г. Вагнер. – М.: Мир, 1973.– 470 с.

Поступила в редакцию 23.04.2009

Рецензент: д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой системотехники Э.Г. Петров, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина.

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ ЗНАННЯМИ ЗАСОБАМИ ІНЖЕНЕРІЇ КВАНТОВ ЗНАНЬ

І.Б. Сироджа

Розглядається проблема прийняття рішень при управлінні підприємств та проектами на основі нової технології знань. Сформульовано та розв'язано задачу підтримки прийняття рішень в управлінні знаннями засобами інженерії квантів знань (ІКЗ). Запропоновано загальну методологію дедуктивного операторного виводу ідентифікаційних та прогнозних рішень опираючись на імплікативну базу вірогідних (точних) квантів знань (БtkЗ). У вступі відзначається важлива роль фахових знань на підприємстві (фірмі), що сприяють успішній діяльності фірми та її конкурентній спроможності. Основна мета управління знаннями полягає у своєчасному отриманні необхідної для прийняття корисних рішень, інформації у того, хто нею дійсно володіє, а також у використанні потрібних знань там і тоді, коли й де вони повинні бути використані за призначенням. Поставлена загальна задача прийняття рішень в управлінні знаннями здійсненій формальною постановою операторного виводу ідентифікаційних рішень (B_t – задача) та прогнозних рішень (C_t – задача) у термінах ІКЗ та розроблено відповідно теоретичний і алгоритмічний базис для їх розв'язування. Створено методологію інженерних квантів знань для побудови рішень в управлінні знань на базі використаної ПЕВМ.

Ключові слова: технологія знань, управління знаннями, інженерія квантових знань, прийняття рішень, база квантов знань.

SUPPORT IN THE MANAGEMENT BY THE KNOWLEDGE BY FACILITIES OF QUANTA OF KNOWLEDGE ENGINEERING

I.B. Sirodga

A decision-making problem is examined at the management by enterprises and projects on the basis of new knowledge technology. It is formulated and is decided task of decision-making support in the management by knowledge by facilities of quanta of knowledge engineering (QKE). General methodology of deductive operator conclusion of identification and prognoses decisions is offered, leaning against the investigation base of reliable (exact) quanta of knowledge (BtqK). In the entry the important role of professional knowledge registers on an enterprise and its competition ability. The primary purpose of management by knowledge consists of timely receipt of information necessary for the decision-making useful at that, who indeed possesses her, and also in the use of necessary knowledge there and then, when and where they must be used on purpose. The set general direction-finding problem in the management by knowledge carried out by the formal decision of operator conclusion of identification decisions (Bt - task) and prognoses decisions (Ct - task) in the terms of QKE and a theoretical and algorithmic base is developed accordingly for their solving. Methodology of engineering knowledge quanta is created for construction of decisions in the knowledge management on the base of used PC.

Key words: knowledge technology, management by knowledge, quanta of knowledge engineering, decision-making, base of quanta of knowledge.

Сироджа Игорь Борисович – д-р техн. наук, профессор, профессор каф. «Инженерия программного обеспечения», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.