

Алгоритмизация компьютерной поддержки знаниеориентированных решений при создании сборочных приспособлений в авиастроении

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

Изложены результаты исследования и разработки методики и алгоритмов, обеспечивающие компьютерную реализацию моделей и метода инженерии квантов знаний для поддержки принятия конструктивно-технологических решений (СППР) при создании сборочных приспособлений (СП) в самолетостроении.

Ключевые слова: технологическая подготовка сборочного производства, сборочные приспособления, инженерия квантов знаний, поддержка принятия решений, алгоритмизация.

Предварительные сведения к разработке методики и алгоритмов СППР

Концепцией создания знаниеориентированной системы поддержки принятия решений (СППР) при автоматизации процесса создания сборочных приспособлений (СП), изложенной в нашей работе [1], основными задачами ставились следующие:

- 1) разработать теоретические основы формализации процессов функционирования и управления СППР в виде математических моделей и методов;
- 2) произвести алгоритмизацию моделей и метода поддержки принятия решений, обеспечивающие их компьютерную реализацию;
- 3) разработать функциональную схему и программное обеспечение исследовательского прототипа знаниеориентированной технологии создания СП в виде интеллектуальной СППР-СП.

Для решения проблемы поставленных задач за основу был принят метод разноуровневных алгоритмических квантов знаний (РАКЗ-метод), позволяющий алгоритмизировать процесс принятия решений посредством операторов индуктивного и дедуктивного вывода, генерировать новые k -знания-следствия из посылочных k -знаний. Автоматическое квантование информации о предметной области и объектах принятия решения (ОПР) обеспечивает компьютерное манипулирование знаниями средствами алгебр конечных предикатов и алгоритмических операторов индуктивного вывода для синтеза баз знаний в режиме обучения и дедуктивного вывода для синтеза баз знаний в режиме обучения и дедуктивного вывода квантов-знаний для принятия решений, опираясь на базу k -знаний (БкЗ).

Решение первой задачи состояло в разработке математических моделей функционирования с управлением иерархической ИСППР при создании СП на основе фундаментального принципа последовательного разрешения неопределенности (ПРН). Формализация заключалась в синтезе необходимых отображений для описания функционирования с управлением в фазовом пространстве состояний ИСППР на языке теории множеств и отношений. При этом используются операторные отображения инженерии tk -знаний [2], обеспечивающие представление, компьютерное манипулирование и дедуктивный вывод tk -знаний из специальных баз знаний (Б tk З-СП) по наблюдаемым

ситуациям. Согласно принципа ПРН синтез модели компьютерной поддержки решений при создании СП заключался в разработке математической модели принятия идентификационных и прогнозных решений, обеспечивающих последовательное, оперативное и обоснованное снятие информационной неопределенности, опираясь на заблаговременно построенную базу знаний (БткЗ-СП) в режиме обучения компьютера на выборочных сценарных примерах обучающих знаний (СПОЗ). Полное содержание решения первой задачи изложено в наших работах [2, 3, 4, 5]. Результаты этих работ положены в основу **решения второй задачи** – разработка методики и алгоритмов, обеспечивающих компьютерную реализацию предложенных моделей и метода инженерии квантов знаний для поддержки конструкторско-технологических и производственных решений при создании СП.

Постановка задачи алгоритмизации

Задача алгоритмизации формулируется следующим образом. На основании заданных конструкторских чертежей на сборочную единицу (СЕ), в роли которой могут выступать любые специфицированные части планера самолета (узлы, панели, секции, отсеки и агрегаты), а также обобщенного принципиального комплексного информационного графа (см. рис.1) технологических знаний (КИГТЗ), описывающего главный сценарий принятия последовательных, логических и рациональных конструкторско-технологических решений относительно комплексных объектов принятия решений (ОПР) (в качестве ОПР принимаются технические условия на сборку СЕ (ТУ на СЕ), технологический процесс сборки СЕ (ТП на СЕ), технические условия на проектирование СП (ТУ на СП), технические предложения на проектирование СП (Тех.Пр. на СП), эскизный проект СП (ЭП на СП), электронно-аналитический облик СП (ЭАО СП), рабочий конструкторский проект СП (РП СП)) **разработать**:

- сценарные примеры обучающих знаний (СПОЗ) для построения в режиме обучения компьютера уникальной БткЗ-СП в виде системы функциональных и-или имплективных закономерностей сборочного производства ЛА, характеризующих рациональные и экономически обоснованные знания и производственный опыт,

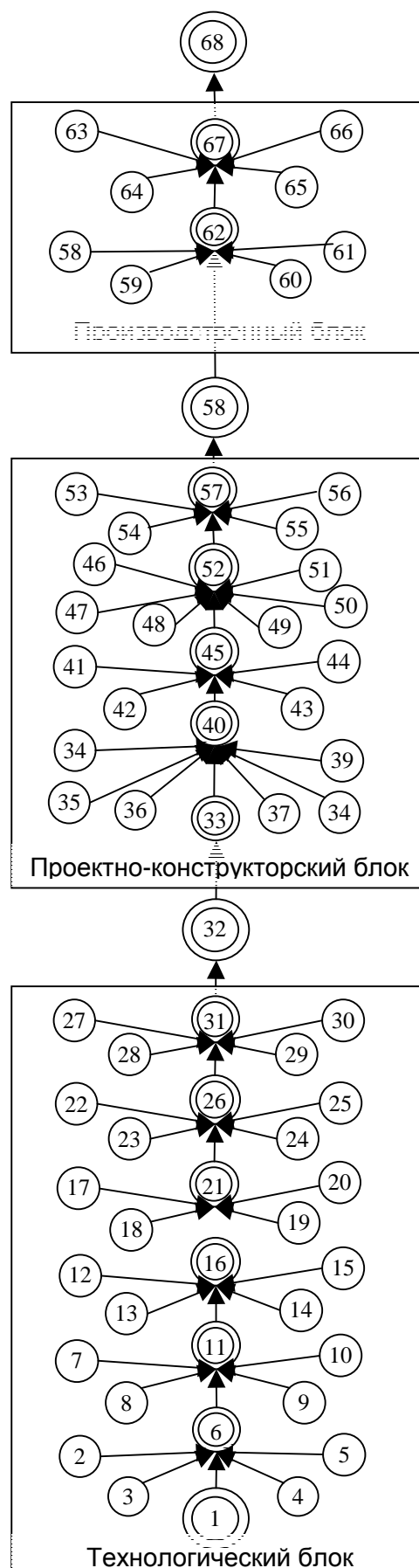
- создать алгоритм машинного обучения tАЛОБУЧ-СП, обеспечивающий синтез обучающейся логической сети возможных рассуждений (ЛСВР), которая способна трансформироваться в целенаправленную квантовую сеть вывода решений t-КСВР \equiv БткЗ-СП, запоминать и хранить выявленные функциональные и-или имплективные закономерности на tk-знаниях, а также осуществлять дедуктивный причинно-следственный вывод искомым решений при создании СП;

- разработать алгоритм автоматического квантования tАЛАКВА-СП для машинного преобразования разнотипных знаний и действий в алгоритмические структуры разноуровневых tk-знаний и автоматической трансформации ЛСВР в t-КСВР для машинного вывода искомым решений;

- разработать способы и алгоритмы решения частных задач получения расчетно-аналитических параметров информационного обеспечения ИСППР «СОЛА», необходимых для формирования электронно-алгоритмического облика СП при выполнении рабочего проекта СП.

1 – чертеж сборочной единицы СЕ; 2 – точность СЕ; 3 – взаимозаменяемость СЕ; 4 – собираемость СЕ; 5 – последовательность сборки СЕ; 6 – ТЗ на сборку СЕ; 7 – сборка СЕ «от обшивки»; 8 – сборка «от каркаса»; 9 – сборка по УФО; 10 – сборка робототехникой; 11 – методы сборки СЕ; 12 – ЭШМ; 13 – ПШМ; 14 – КШМ; 15 – ЭЦМ; 16 – методы переноса форм и размеров; 17 – стационарные (неизменяемые) СП; 18 – переналаживаемые СП; 19 – трансформируемые СП; 20 – сборно-разборные СП; 21 – тип СП; 22 – колонно-балочные СП; 23 – ферменные СП; 24 – комбинированные СП; 25 – механизированные СП; 26 – вид СП; 27 – металлоемкость СП; 28 – энергоемкость СП; 29 – производительность СП; 30 – экономические требования к СП; 31 – технологический процесс сборки СЕ; 32 – техническое задание на проектирование СП; 33 – оформление заказа на проектирование СП; 34 – чертежи на СЕ; 35 – технологический процесс сборки СЕ; 36 – конфигурация СП; 37 – проектные параметры СП; 38 – структурный состав СЕ; 39 – оценка принятых решений; 40 – техническое предложение на проектирование СП; 41 – геометрическая конфигурация СП; 42 – функциональные параметры элементов СП; 43 – конструктивные материалы для СП; 44 – оценка эскизного проекта; 45 – эскизный проект СП; 46 – схема (модель) силового нагружения СП; 47 – схема (модель) увязки форм и размеров СП; 48 – геометрическая модель каркаса СП; 49 – геометрическая модель расстановки БФУ СП; 50 – модель размерных цепей и методы расчета точности изготовления СП; 51 – модель и методы расчета прочности и жесткости СП; 52 – электронно-алгоритмический проект СП; 53 – классификаторы стандартных элементов каркаса СП; 54 – классификаторы стандартных БФУ; 55 – типовые конструкции средств механизации СП; 56 – классификаторы стандартных вспомогательных устройств СП; 57 – конструкторский проект СП; 58 – рабочие чертежи на СП; 59 – требование на изготовление СП; 60 – требования на монтаж СП; 61 – требования на контроль СП; 62 – технологический процесс на СП; 63 – оборудование для изготовления СП; 64 – оснастка для изготовления СП; 65 – средства контроля; 66 – материалы для изготовления СП; 67 – изготовление и монтаж СП; 68 – готовое СП

Рис.1 Комплексный информационный граф технологических знаний (КИГТЗ) для поддержки решений при создании СП ЛА.



Разработка методики построения СПОЗ(СП) на основе использования КИГТЗ

Наиболее распространенным представлением декларативных сведений считают форму СПОЗ (сценарные примеры обучающих сведений (знаний)), которые формируются специалистами по предметной области и описывают отдельные фрагменты сценария логических рассуждений относительно ОПР при выработке искомого решения. Задание СПОЗ(СП) осуществляется на основании использования КИГТЗ с помощью пополняющейся в режиме обучения булевой сценарной матрицы инцидентий (БСМИ), содержащей логические связки (\wedge, \vee, \neg) между входящими дугами в вершину-следствие графа $G_{сноз}$, описывающего СПОЗ. Процесс пополнения БСМИ происходит, как правило, в диалоге с лицом, принимающим решение (ЛПР), и завершается при получении структурно-полного графа $G_{лс} = \text{ЛСВР}$, т.е. такого, в котором существует хотя бы один путь от входных вершин-посылок до каждой из выходных (целевых) вершин-следствий.

Методика построения СПОЗ(СП) состоит из следующих действий для ЛПР, экспертов и инженера по знаниям, использующих КИГТЗ.

(1). Согласно заранее поставленным задачам поддержки принятия конструкторско-технологических решений выделить все необходимые объекты принятия решений (ОПР), которые соответствуют сценарным блокам КИГТЗ, указанным на рис.1.

(2). Для каждого ОПР определить наборы разнотипных характеристик (признаков) $X^j = (x_1^j, x_2^j, \dots, x_n^j)$, $j = \overline{1, m}$ и соответствующих значений этих признаков $\alpha(X^i)$:

$\alpha(X^i) = (\alpha_1^1, \alpha_2^1, \dots, \alpha_{\rho_1}^1; \alpha_1^2, \alpha_2^2, \dots, \alpha_{\rho_2}^2; \dots; \alpha_1^n, \alpha_2^n, \dots, \alpha_{\rho_n}^n)$ и конечное число S целевых следствий, отвечающих принимаемым решениям.

(3). Из набора признаков X^i и их значений конкретного ОПР выделить согласно КИГТЗ **посылочные** события e_1, e_2, \dots, e_ℓ , **промежуточные** c_1, c_2, \dots, c_r и целевые следствия C_1, C_2, \dots, C_s , согласовав их с целевыми признаками x_i^{yi} , $1 \leq i \leq n$.

(4). Установить логику (\wedge, \vee, \neg) связей между посылочными, промежуточными и целевыми событиями для конкретного ОПР в соответствии со сценарной логикой событий в КИГТЗ:

$$\text{ЕСЛИ (логическая комбинация посылок } e_i), \text{ ТО (следствие } C_j). \quad (1)$$

(5). Реализовать построение СПОЗ(СП) в соответствии с формулой (1), руководствуясь действиями (1) – (4) в диалоге с экспертами, специалистами и ЛПР.

Разработка алгоритма обучения tАЛОБУЧ-СП для синтеза обучающейся ЛСВР-СП на СПОЗ(СП)

Отличительная особенность ЛСВР-СП состоит в ее способности обучаться на СПОЗ(СП) посредством предлагаемого алгоритма tАЛОБУЧ-СП. Под «обучением» в ИКЗ понимают компьютерный процесс восстановления вершин-суждений $X_i \in E_{лс}$ графа $G_{лс} = (E_{лс}, \Gamma_{лс}) \equiv$ ЛСВР-СП и логических связей $\Gamma_{лс}$ между ними с помощью «показываемых» компьютеру примеров рассуждений специалиста на всех путях $G_{лс}$, которые начинаются от входных вершин-посылок e_i и заканчиваются в выходных вершинах целевых следствий, отвечающих искомым решениям C_i .

Обоснование tАЛОБУЧ-СП базируется на итерационном принципе использования свойств порядковой функции $\Pi(X_i) = k$ графа $G_{лс}$. В силу конечности числа вершин $X_i \in E_{лс}$ сходимость итерационного алгоритма обучения обеспечивается всегда и не зависит от способа организации диалогового режима обучения компьютера. Поскольку порядок следования вершин X_i и их количество, обеспечивающее структурную полноту ЛСВР-СП, заранее не известны в СПОЗ(СП), то tАЛОБУЧ-СП должен носить «интеллектуальный» характер. Искусственный интеллект алгоритма обучения заключается в итерационном поиске значений k , ($0 \leq k \leq r$) порядковой функции $\Pi(X_i)$ графа $G_{лс} \forall X_i \in E_{лс}$ и в автоматическом определении подмножеств уровней $N_0, N_1, \dots, N_r \subset E_{лс}$ вершин-суждений X_i , которые не связаны между собой, но имеют на входе связи только от вершин предшествующих уровней. Поэтому на входе ЛСВР-СП находятся посылочные вершины $X_i \in N_0$ (т.е., не имеющие предшественников), а на выходе – $X_i \in N_r$ (т.е., не имеющие последователей), которые отвечают S целевым следствиям C_i , зависящим от некоторых промежуточных следствий c_j (т.е. вершин $X_i \in \{N_1, N_2, \dots, N_{r-1}\}$). Таким образом, после обучения обеспечивается однозначный вывод каждого целевого следствия $C_i, (i = \overline{1, S})$, исходя из разнообразных суждений экспертов, мотивируемых различием их баз знаний.

Представим tАЛОБУЧ-СП в виде следующего базового описания.

Вход: количество S и смысл целевых квантовых событий C_i , отвечающих искомым конструктивно-технологическим решениям в создании СП; СПОЗ в виде пополняемой булевой сценарной матрицы инциденций (БСМИ) графа $G_{сноз}$, восстанавливаемого по частям в режиме диалога с ИСППР «СОЛА».

Выход: файл с именем $\Phi_{лс}$ структурно полной ЛСВР в виде матрицы инциденций $M_{лс}$ графа $G_{лс}$, описывающей таблично процесс логического причинно следственного формирования S целевых следствий-решений $C_i, i = \overline{1, S}$.

Действия:

- (1). 0-я итерация присвоения $k:=0$.
 - (2). Обозревая в итерационном цикле по $k, k = 0,1,\dots, r$, строки и столбцы БСМИ, определить суммы матричных значений по каждому j -му столбцу.
 - (3). Выделить все столбцы с «нулевой» суммой значений и соответствующие им имена вершин X_i , составляющий k -й уровень порядковой функции $\Pi(X_i)$ графа $G_{лс}$, т.е. $N_k, k = 0,1,2,\dots, r$.
 - (4). Исключить из БСМИ выделенные вершины уровня N_k и проверить, исчерпалась ли заданная матрица.
 - (5). Если БСМИ не исчерпалась, то выполнить действие (6), иначе, (при исчерпанной БСМИ) перейти к действию (7).
 - (6). Сформировать массив вершин уровня N_k , присвоить $k:=k+1$ и перейти к действию (2).
 - (7). Сформировать массив вершин $X_i \in N_k$ при $k = r$, состоящий из всех S целевых вершин-следствий и проверить, имеется хотя бы одна «тупиковая» вершина, (т.е., не связанная никакой дугой, исходящих из вершин N_{k-1} уровней) и выполнить действие (8).
 - (8). Если обнаружена хотя бы одна «тупиковая» вершина уровня N_r , то перейти к действию (9), иначе выполнить действие (10).
 - (9). Пополнять БСМИ новыми строками СПОЗ, пока не будут восстановлены пути в графе $G_{лс}$ ко всем «тупиковым» целевым вершинам в диалоговом режиме.
 - (10). Сформировать булеву матрицу инциденций $M_{лс}$ окончательно восстановленного графа $G_{лс} = ЛСВР-СП$, используя БСМИ и массивы вершин уровней N_0, N_1, \dots, N_r .
 - (11). На основе использования матрицы $M_{лс}$ сформировать файл с именем $\Phi_{лс}$ структурно полной ЛСВР-СП в смысле обеспечения формирования всех логических причинно-следственных путей от входных посылок до заданных S целевых следствий-решений $C_j, j = \overline{1, S}$.
 - (12). Конец.
- Выходной файл $\Phi_{лс}$ обеспечивает необходимую структуризацию входной информации для дальнейшего построения tКСВР-СП путем автоматического квантования процесса редукции ЛСВР-СП.

**Разработка алгоритма автоматического квантования tАЛАКВА-СП
пропозициональных сведений для трансформации ЛСВР-СП в tКСВР-СП**

Алгоритм автоматического квантования (tАЛАКВА-СП) процесса редуцирования ЛСВР-СП в tКСВР-СП предназначен для машинного преобразования квантовых событий в стандартные t-квантовые структуры 0-го, 1-го и 2-го уровней согласно установленным шаблонам.

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

$$\langle tk_0e_j = [\gamma_0^j, \beta_\mu^j] \rangle, \quad (2)$$

где tk_0e_j – семантический код достоверного tk-знания 0-го уровня с именем e_j j -го квантового события (КвС) отвечающего вершине $X_j \in E_{ЛС}$ графа $G_{ЛС} = ЛСВР-СП$;

β_μ^i – булево μ -е значение j -го посылочного события e_j , $\mu, j = 1, 2, 3, \dots$;

γ_0^j – выходной сигнал активизации tk-знания tk_0e_j .

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

$$\begin{aligned} \ll tk_1Y_j = [d_j^1 : d_j^2 : \dots : d_j^{\Pi} : \emptyset : (d_j^{\text{вых}})] = \\ = [\beta_{1j}^1, \beta_{2j}^1, \dots, \beta_{\rho_{1j}}^1, \emptyset : \dots : \beta_{1j}^u, \beta_{2j}^u, \dots, \beta_{\rho_{uj}}^u, \emptyset : \emptyset : (\gamma_1^j; A(Y_j); \emptyset)] \gg, \end{aligned} \quad (3)$$

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 , $i = \overline{1, S}$. В квадратных скобках содержатся домены d_j^1, \dots, d_j^{Π} , которые разделяются символом «:» и отвечают признакам x_i ОПР с булевыми значениями $\beta_{1j}^i, \beta_{2j}^i, \dots, \beta_{\rho_{ij}}^i$ в том числе и $\beta_{\rho_{ui}j}^u$ целевого признака данного tk_1Y_j .

Символы «: \emptyset :» предполагают расширение tk_1Y_j за счет увеличения количества доменов, а символы «, \emptyset :» – за счет увеличения количества значений признаков в домене. Выходной домен $d_j^{\text{вых}}$ содержит алгоритм $A(Y_j)$, реализующий логику

зависимости целевого признака x^u от посылочных признаков x_1, x_2, \dots, x_n и может содержать по необходимости список других алгоритмов, разделяемых символами «;». Смысл символа «:» между доменами состоит еще и в назначении логической связки «И», а символа «,» внутри доменов – связки «ИЛИ» при выполнении $A(Y_j)$. Выходной сигнал γ_1^j кванта tk_1Y_j принимает значение «1», если на вход кванта поступили все требуемые значения посылочных признаков. В противном случае tk_1Y_j не активизируется и $\gamma_1^j = 0$.

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

$$\ll tk_2Z = \left[\begin{array}{c} tk_1Y_1 \\ tk_1Y_2 \\ \dots \dots \\ \dots \dots \\ tk_1Y_l \end{array} \right] : (\gamma_2^j; A(Z_j); \emptyset) \gg, \quad (4)$$

где tk_2Z_j 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_j с квантовой логикой:

$$tk_1Y_1 \text{ ИЛИ } tk_1Y_2 \text{ ИЛИ } \dots \text{ ИЛИ } tk_1Y_l, \quad (5)$$

независимых tk-знаний 1-го уровня $tk_1Y_j, tk_1Y_2, \dots, tk_1Y_l$, имеющих *шаблоны* типа

(3). Алгоритм $A(Z_j)$ реализует квантовую логику вида (4). Выходной сигнал активации γ_2^j данного t-кванта принимает значение «1», если на его входе активирован хотя бы один из $tk_1Y_j, j = \overline{1, l}$, иначе – $\gamma_2^j = 0$.

Количество строк $M_{лс}$ равно сумме исходных *посылочных* вершин e_i вместе со всеми *промежуточными* вершинами c_j ЛСВР-СП, а число столбцов – сумме промежуточных вершин со всеми целевыми вершинами C_i графа $G_{лс}$. Строки $M_{лс}$ имеют индекс i и обозначены именами вершин c_i и e_i . Столбцы $M_{лс}$ имеют индекс j и обозначены именами вершин c_j и C_i , в которые входят дуги от вершин предшествующих уровней порядковой функции графа $G_{лс}$. На пересечении строки со столбцом в клетке матрицы содержится информация о наличии дуги, исходящей из вершины e_i либо c_i на i -й строке к вершине j -го столбца. Например, запись « $\frac{1}{\alpha_i И}$ » либо « $\frac{1}{\alpha_i ИЛИ}$ » означает, что вершина X_i i -ой строки связана с вершиной X_j j -го столбца дугой (X_i, X_j) с логикой «И» либо «ИЛИ» по отношению к дуге (α_i, X_j) , идущей из вершины α_i в вершину X_j . Здесь символ « α_i » замещается символами e_i либо c_i . Наличие логической связки указывает на тип квантовой логики данных на входе tk-знания с именем j -го столбца, а отсутствие (символ \emptyset) – на квантовую логику вида (5). Символ «1» над чертой обозначает истинность входного квантового события данного t-кванта. В случае отрицания («НЕ») этого события символ «1» заменяется на имя $\overline{e_i}$ либо $\overline{c_i}$ с отрицанием. Если в j -м столбце $M_{лс}$ все его строки содержат запись вида

« $\frac{1}{\alpha_i И}$ » либо « $\frac{1}{\alpha_i ИЛИ}$ » означает, что вершина X_i i -ой строки связана с вершиной X_j j -го столбца дугой (X_i, X_j) с логикой «И» либо «ИЛИ» по отношению к дуге (α_i, X_j) , идущей из вершины α_i в вершину X_j . Здесь символ « α_i » замещается символами e_i либо c_i . Наличие логической связки указывает на тип квантовой логики данных на входе tk-знания с именем j -го столбца, а отсутствие (символ \emptyset) – на квантовую логику вида (5). Символ «1» над чертой обозначает истинность входного квантового события данного t-кванта. В случае отрицания («НЕ») этого события символ «1» заменяется на имя $\overline{e_i}$ либо $\overline{c_i}$ с отрицанием. Если в j -м столбце $M_{лс}$ все его строки содержат запись вида « $\frac{1}{\emptyset}$ » либо « $\frac{\overline{\alpha_i}}{\emptyset}$ », то t-квант с именем j -го столбца строится по *шаблону* (3)

матричного t-кванта, i -е строки которого формируются отдельными векторными t-квантами с дизъюнктивной логикой вида (4).

Опираясь на изложенное выше обоснование, приведем описание тАЛАКВА-СП в базовом виде.

Вход: матрица инцидентий $M_{лс}$ восстановленной ЛСВР-СП с помощью тАЛОБУЧ-СП; файл $\Phi_{лс}$ структурно полной ЛСВР-СП относительно заданных S целевых следствий C_1, C_2, \dots, C_s .

Выход: матрица инцидентий M_{tk} графа $G_{tk} = (E_{tk}, \Gamma_{tk})$, описывающего

трансформированную tКСВР-СП; файл Φ_{tk} с символьным представлением разноуровневых t-квантов в символьном языке представления tk-знаний.

Действия:

(1). Используя информацию $M_{лс}$ и файла $\Phi_{лс}$, организовать циклы обозревания уровней порядковой функции от N_0 и N_r и вершин $X \in E_{tk}$ ЛКСВР-СП на каждом уровне для формирования *символьного* представления разноуровневых tk-знаний с именами вершин ЛКСВР согласно шаблонам (2) – (4).

(2). Относительно вершин уровня N_0 сформировать t-кванты 0-го уровня по шаблону (1) 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 либо 2-го уровня по шаблонам (3) либо (4) и сохранить их в соответствующих файлах $\Phi(N_1), \Phi(N_2), \dots, \Phi(N_r)$.

(4). Сформировать матрицу инцидентий M_{tk} полученной tКСВР-СП (быть может избыточной, т.е. не оптимизированной). В отличие от матрицы $M_{лс}$ матрица M_{tk} содержит строки и столбцы, поименованные именами автоматически сгенерированных tk-знаний, и не содержит в клетках логических связей, т.к. они скрыты внутри информационной составляющей каждого t-кванта.

(5). Сформировать файл Φ_{tk} с символьным представлением разноуровневых tk-знаний в языке ИКЗ с семантикой и сохранить.

(6). Конец.

Заключение

Прилагаемые методики и алгоритмы ИСППР-СП нашли свое применение в разработке архитектуры, функциональной схеме и программном обеспечении на базе использования ПЭВМ типа «Pentium» с использованием языков Borland Paskal 8.0 и Delphi 5.0 и пакета Microsoft Visual Studio 2003. Экспериментальные (тестовые) и производственные испытания ИСППР-СП показали хорошие результаты по работоспособности, достоверности и эффективности системы.

Список литературы

1. Бабушкин А.А. Концепция знаниеориентированной методологии принятия решений при автоматизации проектирования сборочных приспособлений в самолетостроении. / А.И.Бабушкин, А.А.Бабушкин, И.Б.Сироджа // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. ХАИ. – Вып. 42. 2009. – С.58-79.
2. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления. / И.Б.Сироджа. – К.: Наук. Думка, 2002. – 428 с.
3. Сироджа И.Б. Формализация функционирования и управления системой поддержки принятия решений при проектировании ступельно-сборочной оснастки летательных аппаратов. / И.Б. Сироджа, А.А. Бабушкин. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. Наук/-техн. журн. №4(31) – 2008. – С.75-86.

4. Сироджа И.Б. Формализация компьютерной поддержки принятия решений при проектировании стапельно-сборочной оснастки летательных аппаратов. / И.Б.Сироджа, А.А.Бабушкин // Авиационно-космическая техника и технология, Научно-техн. журнал. №1(58). 2009. – С.89-96.
5. Бабушкин А.А. Основы формализации задач компьютерной поддержки принятия решений при создании сборочных приспособлений в самолетостроении. / А.А.Бабушкин // Киев: Вісник інженерної академії України. – Вип. 1. –2010. – С.8 – 13.
6. Бабушкин А.А. Знаниеориентированная информационная технология для компьютерной поддержки решений при создании сборочных приспособлений в самолетостроении / А.А.Бабушкин, И.Б.Сироджа, А.И.Бабушкин // Киев.: Вісник інженерної академії України. Випуск . 3 – 4.–2010. – С.8 – 12.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.П.Божко, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.

Поступила в редакцию 21.12.10

Алгоритмізація комп'ютерної підтримки знаньорієнтованих рішень при створенні складальних пристроїв в авіабудуванні

Викладено результати досліджень і розробки методики та алгоритмів, які забезпечують комп'ютерну реалізацію моделей і методу інженерії квантів знань для підтримки прийняття конструктивно-технологічних рішень (СППР) при створенні складальних пристроїв (СП) в авіабудуванні.

Ключові слова: технологічна підготовка складального виробництва, складальні пристрої, інженерія квантів знань, підтримка прийняття рішень, алгоритмізація.

Algorithms of computer support of knowledge-oriented decision of assembly jigs at the aircraft industry.

It is recounted the results of investigation and development of methods and algorithms, which ensure the computer implementation of models and method of engineering quantum knowledge for support accepted construction-technological decisions (СППР) under creation assembly jigs (СП) at the aircraft industry.

Keywords: technological preparation of assembly manufacturing, assembly jigs, engineering of quantum knowledge, support of accepting decisions, algorithms.