УДК 681.3:519.85 И. Б. Сиродка, докт. тех. наук

ТЕОРИЯ И НОВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИНЯТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕШЕНИИ НА ОСНОВЕ ИНЖЕНЕРИИ ЗНАНИИ

Введение.

Для современного этапа развития научно-технического прогресса характерно превалирование плохо формализуемых проблем, алгоритмического решения которых либо не существует , либо крайне труден его поиск. Примерами таких проблем являются задачи принятия решений человеком в самых разнообразных сферах его деятельности в условиях отсутствия нужной информации - при разработке новой техники и технологий, в технической и медицинской диагностике, прогнозировании полезных ископаемых, аварий и стихийных бедствий, а также в социальной и экономической прогностике с не стабильной конъюктурой рынка и т. п. Одним из перспективных источников идей, методов и средств решений подобных задач является развивающиеся направления в области искусственного интеллекта - инженерия знаний. Основной проблемой в инженирии знаний считают воспроизведвние на ЭВМ, как на интелектуальном компьютере, человеческих способов рассуждения и решения задач. При этом исследования ориентированы в первую очередь не только на обработку данных, но и на разработку способов извлечения, формализации и манипулированиия знаниями для решения плохо структурированных проблем, которые не под силу даже специалистам. Многие из этих проблем решаются экспертными системами - наиболее популярными и в отдельных случаях эффективными современными средствами инженерии знаний.

Достигнуты определенные успехи в теории и практике инженерии знаний, построены и работают тысячи экспертных систем во многих сферах человечской деятельности [1,2]. Однако, несмотря на достижения, все существующие способы представления знаний несовершенны, а созданные компьютерные средства искусственного интеллекта слабо "интеллектуальны", прежде всего, из-за неспособности обучаться и извлекать новые знания. В связи с этим предприняты настоящие исследования с целью создания теории и новой информационной технологии принятия производственных решений на основе базы знаний, которая синтезируется в автоматическом процессе обучения системы по представительной выборке исходных знаний из конкретной предметной области. Предложен метод многоуровневых алгоритмических квантов знаний (МАКЗ-метод), основаный на единообразном формализме представления разнотипных данных как многоуровневых знаний (k-знаний). Манипулирование k-знаниями позволяет реализовать векторно-матричные операторы индуктивного поиска импликативных закономерностей для построения базы знаний и операторов дедуктивного вывода из них искомого решения.

В отличие от известных методов впервые строго определен конструктивный класс многоуровневых знаний как вычислимых структур с заданной семантикой (квантов знаний) в терминах теории алгоритмов. Разработана теория векторно-матричных операторов манипулирования квантами знаний и создана новая МАКЗ-*технология* построения эффективных знаниеориентированных систем принятия решения (ЗСПР) в условиях неопределенности [3,4,5].

Методологические и теоретические основы МАКЗ-технологии принятия решений

Предстоит решить три основные Z1, -Z2, -Z3-задачи. В Z1-задаче требуется формализовать понятие "знание" на основе единичного структурированного представления данных о предметной области и сведений о категориях (классах) объектов как многоуровневых k-знаний.

Z2-задача состоит в синтезе процедур манипулирования k-знаниями для экстраполяции результатов частичных наблюдений за исследуемыми объектами с заданной надежностью.

Z3-задача заключается в распознавании (идентификации) объекта по результатам наблюдений. В частности, при распознавании образов решение принимают для отнесения наблюдаемого объекта к одному из определенных классов (образов) по искомому классифицируемому или целевому признаку.

Для решения Z1-задачи опишем сначала объекты принятия решений (ОПР) конечным числом разнотипных характеристик (*признаков*) $x_1, x_2, \ldots, x_n$ (в том числе и целевых), которые могут принимать значения из конечных множеств :

$$X_1=\{\alpha_1^1,\alpha_2^1,\ldots,\alpha_{s_1}^1\},\ X_2=\{\alpha_1^2,\alpha_2^2,\ldots,\alpha_{s_2}^2\},\ldots,X_n=\{\alpha_1^n,\alpha_2^n,\ldots,\alpha_{s_n}^n\} \quad (1)$$

Множествам значений характеристик X_j $(j=1,2,\ldots,n)$ поставим в соответствие числовые массивы d_j, которые назовем *доменами*, и построим доменизированный вектор

$$y=(d_1,d_2,\ldots,d_n)=(\alpha_1^1,\alpha_2^1,\ldots,\alpha_{s_1}^1,\alpha_1^2,\alpha_2^2,\ldots,\alpha_{s_2}^2,\alpha_1^n,\alpha_2^n,\ldots,\alpha_{s_n}^n) \quad (2)$$

с абстрактным смыслом. Обозначим через Ω множество ОПР произвольной природы с известным алфавитом категорий (классов) K и построим векторную алгоритмическую структуру, выделяя домены двоеточием,

$$k_0y=[d_1:d_2:\ldots:d_n]=[\alpha_1^1\ \alpha_2^1\ \ldots\ \alpha_{s_1}^1:\alpha_1^2\ \alpha_2^2\ \ldots\ \alpha_{s_2}^2:\alpha_1^n\ \alpha_2^n\ \ldots\alpha_{s_n}^n] \quad (3)$$

с конкретным смыслом (*семантикой*):"определенная категория наблюдаемых объектов $w \in \Omega$ характеризуется n признаками, которые принимают значения из множеств X_j (1), $j=\overline{1,N}$ ". Здесь k_0 обозначает семантический код, а Y - имя структуры как порции информации 0-го уровня. Структуру k_0Y (3) назовем *векторным квантом знаний* 0-го уровня.

Используя аналог примитивно рекурсивной функции выбора аргумента $V_S^{(p)}$ в теории алгоритмов, определим так называемый *выбирающий квант* 1-го уровня

$$k_1\alpha=V_S^{(p)}(\alpha_1^i,\alpha_2^i,\ldots,\alpha_S^i,\ldots,\alpha_p^i)=\alpha_S^i \quad (4)$$

с семантикой :"зафиксировано s-е значение α_S i-го признака наблюдаемого объекта из p возможных значений".

Если $Y_j=\{\alpha_s^j\}$ - множество регистрируемых при наблюдениях значений j-й характеристики x_j $(\overline{j=1,n})$, то, применяя характеристическую функцию χ_{Y_j} этого множества, получаем структуру, именуемую *характеристическим квантом знаний 1-го уровня*

$$k_1\beta = \chi_{Y_j}(\alpha_s^j) = \begin{cases} 1, \text{ если } & \alpha_s^j \in Y_j \\ 0, \text{ если } & \alpha_s^j \notin Y_j \end{cases} \tag{5}$$

с семантикой :"код 1 означает, что s-е значение α_s^j j-й характеристики объекта достоверно наблюдается в данный момент, в код 0 утверждает противоположное".

Алгоритмические содержательные конструкции k_0y (3), $k_1\alpha$ (4) и $k_1\beta$ (5) назовем *терминальными квантами знаний*.

Определение 1. Алгоритмические структуры, получаемые из терминальных квантов k_0y, $k_1\alpha$ и $k_1\beta$ путем конечного числа применений к ним известных операторов суперпозиции (П-оператора) и конкатенации (CON-оператора) называются многоуровневыми алгоритическими квантами знаний (МАКЗ) или *k-знаниями*.

Например, согласно определению 1 элементный квант k_1Y_e с семантикой: "наблюдаемый ОПР достоверно характеризуется значениями трех (n=3) его признаков $x_1= \alpha_2^1$, $x_2= \alpha_3^2$, $x_3= \alpha_1^3$ при $X_1=\{\alpha_1^1,\alpha_2^1,\alpha_3^1\}$, $X_2=\{\alpha_1^2,\alpha_2^2,\alpha_3^2,\alpha_4^2\}$, $X_3=\{\alpha_1^3,\alpha_2^3\}$ " можно получить из кванта

$$k_0y = [\ \alpha_1^1\ \alpha_2^1\ \alpha_3^1 : \alpha_1^2\ \alpha_2^2\ \alpha_3^2\ \alpha_4^2 : \alpha_1^3\ \alpha_2^3\ ] \tag{6}$$

алгоритмическими действиями:

$$k_1Y_e = \underset{j=1}{\overset{n=3}{\mathrm{CON}}}\Big\langle \underset{i=1}{\overset{S_j}{\mathrm{CON}}}\Big\langle \chi_{Y_e}(V_i^{(S_j)}(V_j^{(n)}(\ k_0y\ )))\Big\rangle\Big\rangle = [010{:}0010{:}10]. \tag{7}$$

Введеный формализм позволяет построить не только новый конструктивный класс моделей представления знаний - МАКЗ, но и описывать модели ОПР матрично-векторными средствами k-знаний или аналитическими формами конечных предикатов.

Определение 2. Двухзначные функции Ф (x_1, x_2, ..., x_n), аргументы которых принимают значения из конечных множеств, называются *конечными предикатами*.

Интерпретация характеристик ОПР x_1, x_2, ..., x_n как аргументов $\Phi(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ с учетом множеств (1) приводит к декартовому произведению

$$X^n = X_1 \times X_2 \times \ldots \times X_n , \tag{8}$$

которое назовем *пространством моделей ОПР*. Если применить ко всем точкам-векторам $y_i \in X^n$ характеристический квант знаний $k_1\beta$ (5) как оператор преобразования y_i в соответствующий ему бинарный доменизированный вектор

$$Y = [\beta_1^1\ \beta_2^1 \ldots \beta_{s_1}^1 : \beta_1^2\ \beta_2^2 \ldots \beta_{s_2}^2 : \ldots : \beta_1^n\ \beta_2^n \ldots \beta_{s_n}^n], \tag{9}$$

где $\beta_i^j \in \{0, 1\}$ и $B_j = \{\beta_1^j\ \beta_2^j \ldots \beta_{s_n}^j\}$, $j=1,2,\ldots,n$, то получим *пространство квантовых моделей ОПР*

$$B^n = B_1 \times B_2 \times \ldots \times B_n , \tag{10}$$

изоморфное пространству X^n (8) с точностью до заданной семантики.

<u>Определение 3</u>. Декартово произведение подмножеств $D_j \subseteq X_j$, $j=1,2,\ldots,n$, взятых по одному из множеств X_1, X_2, ..., X_n, то есть

$$J = D_1 \times D_2 \times \ldots \times D_n \tag{11}$$

называется *интервалом пространства* X^n. Очевидно, каждому $J \subseteq X^n$ отвечает интервал $J' \subseteq B^n$. Следовательно, один и тот же ОПР можно описать <u>векторным</u> квантом знаний 0-го уровня k_0y (3) в пространстве X^n и <u>элементным</u> квантом знаний 1-го уровня k_1Y_e (7) в пространстве B^n. Квантовые структуры вида (6) и (7) называются МАКЗ-моделями соответственно 0-го и 1-го уровня исследуемого объекта принятия решений (ОПР). Произвольный интервал $J \subseteq B^n$, очевидно, можно описать интервальным квантом k_1Y, содержащим в каком-либо домене больше одной "1", т.е. состоящим из нескольких элементных квантов k_1Y_e вида (7). Например, для n=3 интервальный квант можно представить в виде

$k_1Y = [\ 1001 : 11 : 010\ ]$ (12)

с семантикой :"признак x_1 наблюдаемого ОПР определена частично, ибо может принимать значения $x_1 = \alpha_1^1$ или $x_1 = \alpha_4^1$, признак x_2 совсем не определен, т.к. может принимать любое из двух возможных значений α_1^2 или α_2^2, признак x_3 определен, т.к. $x_3 = \alpha_2^3$ ".

Алгебраически квант k_1Y (12) описывается конечным предикатом (конъюнктом)

$$k_1Y = (\ x_1 \in \{\ \alpha_1^1,\ \alpha_4^1\ \}\ ) \wedge (\ x_3 \in \{\ \alpha_2^3\ \}\ ) =$$
$$(\ x_1 = 1,4\ )\cdot(\ x_1 = 2\ ) = 1, \qquad (13)$$

где сомножитель с признаком x_2 отсутствует, поскольку

$D_2 = X_2 = \{\ \alpha_1^2,\ \alpha_2^2\ \}$.

Определение 4. Устойчивая связь между r характеристиками ОПР при общем их числе n ($r \le n$), представленная запретом некоторой комбинации их значений, называется *импликативной* закономерностью r-го ранга.

Например, элементным квантом k_1Y_e (7) можно описать устойчивую импликативную закономерность (запрет) 3-го ранга (r=3) с семантикой: "не существует ОПР заданной категории, у которого признаки $x_1 = \alpha_2^1$, $x_2 = \alpha_3^2$, $x_3 = \alpha_1^3$ ". Это эквивалентно запретам в предикатом виде:

$$(x_1=2)\wedge(x_2=3)\wedge(x_3=1) = 0; \quad (x_1=2)\wedge(x_2=3)\rightarrow\rceil(x_3=1) = 0;$$
$$(x_2=3)\wedge(x_3=1)\rightarrow\rceil(x_1=2) = 0; \quad (x_1=2)\wedge(x_3=1)\rightarrow\rceil(x_2=3) = 0.$$

Разумеется, устойчивость кванта-закономерности в каждом случае должна быть обоснована предварительно.

Таким образом, k-знания, отвечающие наблюдениям, фактвм или закономерностям, можно формализовать в классе МАКЗ-моделей средствами алгебры конечных предикатов и представить точками либо интервалами пространства B^n. С помощью этих средств решается Z1-задача.

Решение Z2- , Z3-задач опирается на индуктивный вывод базы k-знаний в форме импликативных закономерностей r-го ранга из выборочных (обучающих) k-знаний об исследуемой области.

Пусть в результате эксперимента либо наблюдений, или сведений от экспертов конкретной предметной области объективно охарактеризована лишь некоторая часть Σ_O подмножества Σ_D допустимых объектов множества Σ_Ω всех возможных идентифицируемых объектов. Назовем Σ_O обучающей выборкой и примем к сведению объективное соотношение мощностей выделенных множеств $\|\Sigma_O\| \le \|\Sigma_D\| \le \|\Sigma_\Omega\|$, которое справедливо и относительно соответствующих k-знаний 2-го уровня $k_2\Sigma_O$, $k_2\Sigma_D$, $k_2\Sigma_\Omega$, описывающих указанные множества.

Очевидно, импликативные закономерности БкЗ следует искать среди малочисленных выборочных k-знаний $k_2\Sigma_O$. При этом по определению 4, если некоторые свойства (признаки) ОПР связаны между собой импликативной зависимостью, то существует по меньшей мере одна запретная комбинация их значений. Это означает, что в интервал пространства B^n , отвечающий данной комбинации свойств, не попадает ни один из элементов Σ_O, т.к. $\Sigma_O \subset \Sigma_D$. Другими словами, любой найденный запрет является пустым множеством относительно Σ_O, т.е. не содержится в $k_2\Sigma_O$. Наоборот, если найденный запретный квант оказался пустым, то это еще не значит, что выявлена импликативная закономерность. Поэтому выдвигается гипотеза о существовании импликативной закономерности, описываемой запретным квантом, которого нет в $k_2\Sigma_O$. Оценим достоверность такой гипотезы. Будем считать гипотезу ошибочной, если в запретном интервале, описанном, например, квантом $k_1]Y$ ранга r, обнаружатся некоторые кванты допустимых знаний $k_2\Sigma_D$, которые случайно не попали в обучающую выборку $k_2\Sigma_O$. Тогда требуемую достоверность гипотезы вычислим как вероятность P_S события S[m,n,r]: "произвольный запретный квант $k_1]Y$ r-го ранга не пересекается с обучающим квантом $k_2\Sigma_O$, содержащим k-знания об m наблюдениях объектов по n их характеристикам, поскольку в действительности нет связи между r характеристиками , $2 \le r \le n$ ".

Теорема 1. Вероятность P_S события $S[m,n,r]$, указывающего на несуществование импликативной закономерности между r характеристиками, исходя из выборочных k-знаний $k_2\Sigma_0$ в объеме $m\times n$, оценивается величиной математического ожидания $M_S\{m,n,r\}$ числа запретных квантов ранга r, которые не пересекаются с $k_2\Sigma_0$, по формуле

$$P_S(m,n,r) \le M_S\{m,n,r\} = \sum_{\alpha\in A} \lambda_\alpha \left[\frac{\lambda_\alpha - 1}{\lambda_\alpha}\right]^m, \tag{15}$$

где α - индекс номера комбинации значений характеристик ОПР из множества индексов A мощностью

$$|A| = \frac{n!}{r!(n-r)!};$$

$$\lambda_\alpha = \prod_{i=1}^{r} \rho_i(\alpha), \tag{16}$$

где $\rho_i(\alpha)$ - количество значений i-й характеристики объекта в соответствующем домене заданного кванта знаний при рассмотрении комбинации значений с номером $\alpha \in A$.

Следовательно, гипотеза о существовании импликативной закономерности $k_1\rceil Y$ в $k_2\Sigma_D$, судя по выборочным $k_2\Sigma_0$, принимается, если оценка достоверности ее по теореме 1

$$M_S\{m,n,r\} = \sum_{\alpha\in A} \lambda_\alpha \left[\frac{\lambda_\alpha - 1}{\lambda_\alpha}\right]^m \le M_S^* \tag{17}$$

при заданном достаточно малом допустимом значении M_S^*. Выбор порога M_S^* не критичен из-за сильной зависимости $M_S\{m,n,r\}$ от ранга r, о чем свидетельствуют компьютерные расчеты в таблицах [4]. Это позволяет при заданных m, n и M_S^* вычислить по формуле (17) максимальный ранг R_m импликативных закономерностей и найти их общее количество q_z. В частности для бинарных характеристик (признаков), когда пространство B^n МАКЗ-моделей становится булевым , формула (17) преобразуется к виду

$$M'_S(m,n,r) = \frac{n!\,2^{r(1-m)}\,(2^r-1)^m}{r!(n-r)!} \le M^*_S \tag{18}$$

а общее число запретных квантов , выводимых потенциально из $k_2\Sigma_0$, определяется формулой

$$q_z = \sum_{r=1}^{R_m} \frac{2^n\,n!}{r!(n-r)!} \tag{19}$$

Приведенные выкладки обосновывают следующий алгоритм А1 индуктивного вывода системы импликативных закономерностей в форме БКЗ из выборочных k-знаний $k_2\Sigma_0$.

Вход: выборочный квант $k_2\Sigma_0$ размером $m \times n$ и допустимый порог M^*_S.

Выход: минимизированная БКЗ=$k_2\rceil\Sigma_{BM}$ как система простых запретных квантов , т.е. не следующих друг из друга.

Действия:

1. Определение максимально допустимого ранга R_m импликативных закономерностей , потенциально выводимых из выборки $k_2\Sigma_0$ при заданном пороге M^*_S.
2. Выявление отсутствующих в $k_2\Sigma_0$ запретных квантов типа $k_1\rceil Y$ ранга не выше R_m и формирование базовых k-знаний $k_2\rceil\Sigma_B$ в объеме q_z.
3. Преобразование $k_2\rceil\Sigma_B$ средствами минимизации [4] в систему простых запретов БкЗ=$k_2\rceil\Sigma_{BM}$. *Конец.*

Определение 5. Алгоритмическая процедура

$$\mathrm{INDS}(\Sigma_0;A1;\Sigma_{BM}) = k_2\Sigma_0 \xrightarrow[A1]{\mathrm{INDS}} k_2\rceil\Sigma_{BM}, \tag{20}$$

реализующая получение кванта $k_2\rceil\Sigma_{BM}$ базовых импликативных закономерностей из $k_2\Sigma_0$ с помощью алгоритма А1, называется оператором индуктивного вывода импликативных k-знаний (сокращенно, INDS-оператором).

Аналогично определяется алгоритмический процесс дедуктивного вывода разноуровневых Σ^*_w k-знаний, характеризующих принимаемые решения в Z2-,Z3-задачах, опираясь на построенную БкЗ и результаты наблюдений k_1Y_w. Соответствующие алгоритмы А2,А3 и т. д. изложены в [4].

Определение 6. Алгоритмическая процедура

$$DED(БкЗ, k_1Y_\omega; A2; \Sigma^*_\omega) = k_2]\Sigma_{BM} \xrightarrow[k_1Y_\omega;\, A2]{DED} k_2\Sigma^*_\omega, \tag{21}$$

реализующая получение k-знаний $k_2Y^*_w$ о состоянии объекта $\omega\in\Omega$ по базовым $k_2]\Sigma_{BM}$ и наблюдаемым k_1Y_w k-знания с помощью алгоритма А2, называется оператором дедуктивного вывода принимаемых решений (сокращенно DED-оператором).

Стержнем DED-оператора является оператор редукции импликативных $k_2]\Sigma$ k-знаний, характеризующих закономерности исследуемых классов ОПР. Редуцирование (преобразование) $k_2]\Sigma$ по наблюдаемому кванту k_1Y_w ОПР $\omega\in\Omega$ состоит в выделении из $k_2]\Sigma$ и упрощении тех запретных квантов, которые имеют отношение к наблюдениям k_1Y_w. В векторно-матричном представлении k-знаний это равносильно удалению из $k_2]\Sigma$ не пересекающихся с k_1Y_w запретов-интервалов и проеобразованию оставшихся квантов с пустыми доменами.

Определение 7. Алгоритм нахождения k-знаний

$$\Sigma^* = RED\,(k_2]\Sigma \mid k_1Y_\omega) \tag{22}$$

называется оператором редукции импликативных k-знаний $k_2]\Sigma$ по кванту-факту k_1Y_ω (сокращенно RED-оператором).

Теорема 2. Пусть заданы $БкЗ=k_2]\Sigma_{BM}$, наблюдения за ОПР $\omega\in\Omega$ в виде кванта

$$k_1Y_\omega=[\beta^1_{\omega_1}\ldots\beta^1_{\omega\rho_1}:\ldots:\beta^j_{\omega_1}\ldots\beta^j_{\omega\rho_j}:\ldots:\beta^n_{\omega1}\ldots\beta^n_{\omega\rho_n}], \tag{23}$$

содержащих целевую характеристику x_j с неизвестными значениями $\beta^j_{\omega k}(k=\overline{1,\rho_j};\ j=\overline{1,n})$. Пусть факт принятия характеристикой x_j k-го значения $\beta^j_{\omega k}$ описан квантом

$$k_1\beta^j_\omega=[1^1_{\omega1}\ldots1^1_{\omega\rho}:\ldots:0^j_{\omega1}\ldots1^j_{\omega k}\ldots0^j_{\omega\rho}:1^n_{\omega1}\ldots1^n_{\omega\rho}] \tag{24}$$

Тогда характеристика x_j ОПР ω не может обладать значением $\beta^j_{\omega k}$, если окажется общезапретным квант $k_2\beta^{*j}_{\omega k}$, полученный путем следующего рекурсивного применения DED-оператора

$$\left[k_2\rceil\Sigma_{BM} \xrightarrow[k_1Y_\omega;\,RED(k_2\rceil\Sigma_{BM}|k_1Y_\omega)]{DED} k_2\Sigma^*_\omega\right] \xrightarrow[k_1\beta^j_{\omega k};\,RED(k_2Y^*_\omega|k_1\beta^j_{\omega k})]{DED} k_2\beta^{*j}_{\omega k}$$

Окончательное заключение о том, что целевая характеристика x_j объекта ω принимает значение $\beta^j_{\omega k}$, делается лишь тогда, когда все остальные значения оказываются невозможными в соответствии с теоремой 2.

Теорема 3. Если задано БкЗ $k_2\rceil\Sigma_{BM}$ и наблюдения за ОПР ω, описанные квантом k_1Y_ω, то возможные комбинации значений всех n характеристик ω определяются минимальным квантом k_1R_ω, который содержит k-знания редуцированной системы запретных квантов Σ^*_ω=RED($k_2\Sigma_{BM}|k_1Y_\omega$) и строится в результате уточнения наблюдаемого кванта k_1Y_ω путем вычисления значений не зафиксированных в нем характеристик согласно теореме 2.

Таким образом, приведенные теоремы 1,2,3 и конструктивные операторные средства МАКЗ-метода полностью обеспечивают решение Z2-,Z3-задач на основе новой информационной МАКЗ-технологии. Общая процедура МАКЗ-технологии принятия решений состоит из трех основных действий, реализуемых на персональном компьютере:

1. Исследование предметной области и формирование выборочного (обучающего) кванта знаний $k_2\Sigma_0$ на базе разнотипных измерений, сведений экспертов и справочно-научных данных.

2. Индуктивный выбор БкЗ $k_2\rceil\Sigma_{BM}$ из k-знаний $k_2\Sigma_0$ с помощью INDS-оператора как системы базовых импликативных закономерностей предметной области в соответствии заданными целевыми критериями принятия решений.

3. Формирование искомых решений при идентификации объектов и прогнозировании значений их неизмеренных характеристик как новых знаний, выводимых дедуктивно в условиях неопределенности посредством DED-оператора из БкЗ при известных фактах наблюдений.

Выводы.

1. Разработана и обоснована новая знаниеориентированная технология идентификации (распознавания) объектов и принятия решений в условиях не полной определенности, обеспечивающая эффективное решение класса важных практических задач в случаях, когда использование существующих технологий не эффективно.

2. Созданы два действующих исследовательских прототипа знаниеориентированных систем принятия решений на базе использования МАКЗ-технологии и ПЭВМ IBM PC/AT и получены положительные результаты решения реальных задач принятия производственных решений в сфере менеджмента, социологии, АСУП, технической и медицинской диагностики.

Литература.

1. Сироджа И.Б., Тупако В.Г., Левин С.В. Структурно-аналитические модели и алгоритмы распознавания и идентификации объектов управления. - К.:Техніка,1993. - 205с.

2. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. /Пер. с англ.;Под ред. В.Л.Стефанюка. М.:1989. - 302с.

3. Sirodzha I.B. Analysis and Synthesis of Knowledge-Based Models and Systems of Pattern Recognition. Sov.Journals in Eng Transl. Pattern Recognition and Image Analysis :Advances in Mathematical Theory and Applications in the USSP. Vol 1, Num. 1. 1991. pg.24-26.

4. Сироджа И.Б. Математическое и программное обеспечение интеллектуальных компютерных систем. - Харьков, ХАИ, 1992.-100 с.

5. Сіроджа І.Б. Автоматичне навчання розпізнавати образи методом побудови бази багаторівневих алгоритмічних квантів знань (БАКЗ-метод)./ Праці Другої Всеукраїнської Міжнародної конференції "УкрОБРАЗ'94, 20-24 грудня 1994р. Україна, Київ.;с.116-119.