

УДК 660:

*Сікора Л. С., д.т.н., проф. кафедри АСУ НУ “Львівська політехніка”
Ткачук Р. Л., к.т.н. доцент кафедри практичної психології та
педагогіки ЛДУ БЖД
Рак Т. Є., к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи ЛДУ БЖД*

**КОГНІТИВНІ МОДЕЛІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ТА
ЛОГІКО-МАТЕМАТИЧНІ ПРОЦЕДУРИ ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЙ
ПОВЕДІНКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛУ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ
УМОВАХ**

**Intelligence cognitive models and logical and mathematical procedures of
forming strategies of operating personnel behavior in emergency situations**

Анотація. Розглянуто процедури дедуктивного виводу в процесах синтезу стратегій досягнення мети при управлінні в екстремальних ситуаціях і в умовах дії збурень та недостатності наявних ресурсів. Показано, що процедури рішень повинні мати чітку логічну структуру, що забезпечує коректну класифікацію ситуацій, їх оцінку відносно положення області цілі й визначають спосіб побудови траєкторії руху до неї.

Аннотация. Рассмотрено процедуры дедукционного заключения в процессах синтеза стратегий достижения цели при управлении в экстремальных ситуациях и в условиях действия помех и недостаточности имеющихся ресурсов. Показано, что процедуры решений должны иметь четкую логическую структуру, что обеспечивает корректную классификацию ситуаций, их оценку относительно положения области цели и определяют способ построения траектории движения к ней.

Annotation. The procedures of deductive output in the strategy synthesis processes of gaining goals during management in emergency situations and in terms of disturbance operation and insufficiency of available resources are examined. It is shown that decision procedures should have clear logical structure, which provides correct classification of situations, their evaluation relating to aim area position determines the means of building a trajectory to it.

Ключові слова: стратегія, ціль, логічна структура, когнітивна модель особистості, проблеми професійної підготовки персоналу МНС.

Ключевые слова: стратегия, цель, логическая структура, когнитивная модель личности, проблемы профессиональной подготовки персонала МЧС.

Key words: strategy, aim, logical structure, cognitive model of personality, problems of professional personnel training of Ministry of Emergency of Ukraine.

Актуальність

Сучасний стан розвитку промислової та соціальної структури згенерував відповідні вимоги до рівня професійної підготовки осіб, які приймають як

оперативні, так і стратегічні рішення. Динаміка процесів в таких комплексах має елементи невизначеності, які породжуються недостатнім рівнем знань [3]: про структуру об'єктів управління в комплексах; динаміку процесів і джерел збурення та конфліктів; динаміку ресурсних та інформаційних потоків; процедур та прийомів прийняття рішень на управління як локальними, так і складними системами згідно їх цілеорієнтації (Рис. 1).

Якщо для технологічних процесів і операторів, які ними керують можна з високим рівнем достовірності сформулювати процедуру прийняття рішень згідно стратегій цільової поведінки, то процеси прийняття рішень в аварійних техногенних системах та надзвичайних ситуаціях як еко, так і соціального характеру мають елементи розмитості щодо формування процедур прийняття рішень. За рахунок психологічної нестійкості в надзвичайних умовах оператори приймають неадекватні рішення щодо реалізації цільових задач, а це в свою чергу може привести до аварійних ситуацій та катастроф [4].

Сучасний стан проблеми прийняття рішень включає як психологічні, так і логіко-математичні аспекти формування стратегій цільової поведінки, які ґрунтуються як на класичному, так і на сучасному науково-інформаційному забезпеченні: класична та математична логіка; теорія алгоритмів, комбінаторика, граfi; класична логіка побудови гіпотез; статистика і кластерний аналіз; теорія індуктивних і дедуктивних процедур побудови висновків на семантичних мережах; нейроінформатика та нейромережі; інформаційні та комп'ютерні технології; експертні системи, бази даних і знань; інженерія програмного забезпечення [1-2, 5]. Але при цьому, незважаючи на науково-технічне забезпечення, виникають аварійні ситуації за рахунок внутрішніх міжрівневих конфліктів (Рис. 1).

Характеристика проблеми прийняття рішень в ієрархічних системах

Процедури побудови стратегій прийняття рішень ґрунтуються на алгоритмах розв'язання набору певного класу задач (ідентифікації моделі об'єкту керування):

1) побудови моделі простору станів кожного агрегату виробничого об'єкту;

2) процедури оцінювання траєкторій стану об'єкту на основі отриманих потоків даних, які відображають поведінку об'єкту через індикатори вимірювальних систем та дисплеї технологічних комп'ютерів;

3) формування образу ситуацій в рамках цільових задач розв'язуваних систем керування та відображення їх на 3D – мультимедійних екранах та в уяві оперативного персоналу;

4) побудови процедур класифікації ситуації згідно еталонних молей розвитку простору станів на класи допустимих рішень (відповідно до наявних ресурсів) в 2D – параметричній моделі цільового простору для кожного агрегату;

5) синтезу процедур прийняття рішень для досягнення цілі, на основі набору класів команд управління ресурсами та відповідних дій, які служать

для зміни динамічного стану об'єкту керування.

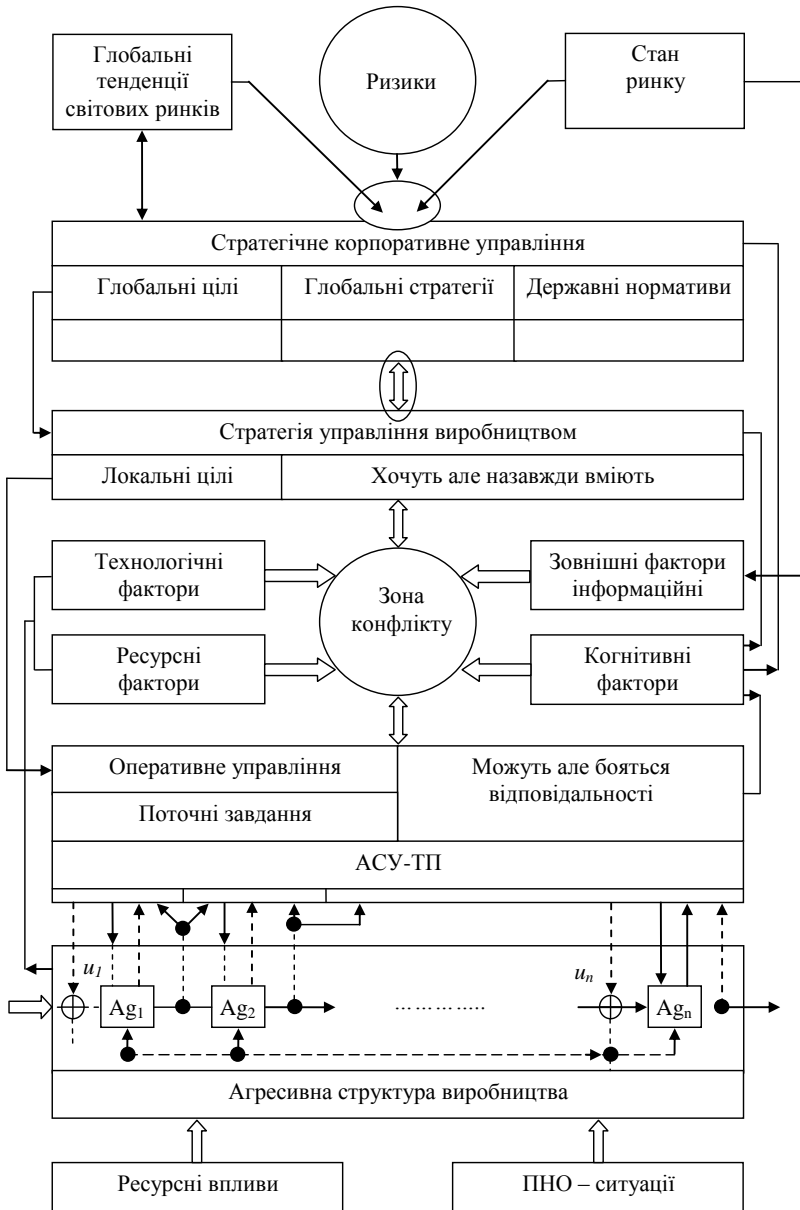


Рис. 1. Структурна схема інформаційно-ресурсних конфліктів у виробничих структурах

Такі управляючі процедури мають певну логіко-математичну структуру в яких логічне слідування (логічні ланцюги правильно побудованих висновків) відіграє основну роль. Логічне слідування виступає як основа правила класифікації ситуації відповідно до розмитих образів станів об'єкта при динамічному розвитку процесу.

Базові логічні правила.

Згідно з правил логічних формальних систем (ЛФС): заключному твердженню – теоремі, одержаній з початкової системи – аксіомі, посилок приписується істинне значення. Нехай дано систему $[(F_1, F_2, \dots, F_n) \& B]_{\text{ЛФС}}$, тоді B – формула яка є наслідком з $(F_1 \dots F_n)$, за таких умов для будь-якої інтерпретації маємо: (якщо $(F_1 \& F_2 \& \dots \& F_n)$ – є істина, то звідси слідує істинність B). Нехай дано: $(\{F_1 \dots F_n\} \overset{\Delta}{=} SA_{\text{ЛФС}}, B \in \text{ЛФС})$, тоді отримаємо процедуру висновку $\langle \{F_1 \dots F_n\} \mapsto B = I : \{F_1 \& F_2 \& \dots \& F_n\} = i \rangle \rightarrow B = B_i$ де B_i – істинне значення на множині інтерпретації, $\left(\overset{\Delta}{=} \right)$, $\left(\overset{\cdot}{=} \right)$ – операції означення і присвоєння. Введення логічного слідування з вихідних посилок дозволяє формалізувати логічні судження: $(\cdot \mapsto \cdot)$ – відношення між формулами, що означає слідування формул B з посилок (F_1, F_2, \dots, F_n) , (\rightarrow) – імплікація, (\mapsto) – виводимість, (\Rightarrow) – логічне слідування, $(F_1, F_2, \dots, F_n \Rightarrow B)$ – процедура виводу.

Умови істинності тверджень ЛФС.

1. Умови значимості ЛФС в логічно-формальних системах.

Дані формули $(F_1 \dots F_n \& \hat{A})$. Тоді маємо висновок: $\langle B \rangle$ – логічний наслідок $\{(F_1, F_2 \dots F_n) \rightarrow (F_1 \& F_2 \& \dots \& F_n \rightarrow B)\} \Rightarrow [F_1 \& F_2 \dots \& F_n \rightarrow B]$.

2. Умови заперечення в ЛФС. Дані формули $(F_1, F_2, \dots, F_n \& \hat{A})$, де формула B – логічний наслідок формул (F_1, F_2, \dots, F_n) тоді і тільки тоді, коли формула (F_1, \dots, F_n) визначає логічне заперечення $\langle F_1 \& F_2 \& \dots \& F_n \& -B \rangle \Rightarrow B_i$, $\langle F_1, F_2, \dots, F_n \rangle \mapsto B \overset{\Delta}{=} \langle F_1 \& F_2 \& \dots \& F_n \& -B \rangle \equiv B_i |^2$.

Багато проблем доведення істинності математичних тверджень про ситуацію при прийнятті рішення зводиться до доведення теорем в теорії предикатів першого порядку за умови автоматичного режиму перевірки гіпотез. Розглянемо основні положення числення предикатів першого порядку. Для аналізу структури твердження у змісті зв'язку об'єкта і суб'єкта та предикату необхідно ввести додаткові засоби опису об'єкта і суб'єкта та їх взаємозв'язків.

Логічна структура твердження про об'єкт

Нехай задана множина $\{V_1, \dots, V_n\}$ з предметної області V і елементи X з неї, як предметну змінну. Тоді висловлювання про ці предмети позначимо: (висловлення можуть бути істинними (i) та хибними (ℓ)).

1. Означені предикати відносно предметних областей V_1 і V_2 : $\langle P(V_1), Q(V_1, V_2) \rangle$, $x_1 \in V_1$, тоді $P(x)$ означена на множині V . Введений предикат ϵ тоді $\{B_i, B_\ell : P(x) : V\} \rightarrow \{B_i, B_\ell - \text{одномісний}\}$, а: $\{P(x_1 \dots x_n) : V^n \rightarrow \{B_{i,\ell}\}\}$ – n -місний предикат.

2. Квантори зв'язку. Квантори зв'язку значень елементів на множини пов'язують ці елементи з властивостями областей на заданій множині з визначеними класифікаційними ознаками, тоді для всякого елементу $\forall x P(x)$ – всі x з області V мають властивість P , а квантор існування ($\exists x P(x)$) підтверджує, що існує x з області V , яка володіє властивістю P .

3. Область дії кванторів. Область дії кванторів визначає форма зв'язку елемент-властивість $\forall x A; x \in V \subset A, x \rightarrow P \mapsto \forall(x) P(x)$ – істина,

$\exists x \in V \subset A, x \rightarrow P \mapsto \exists x P(x)$ – істина. Вільне і зв'язане входження змінної x_i в формулу має вигляд:

$$\exists x_{i_1} \exists x_{i_2} \dots \exists x_{i_r} A(x_1, x_2, \dots, x_n) : V \rightarrow [B_i, B_\ell],$$

$$\forall x_{i_1} \forall x_{i_2} \dots \forall x_{i_r} A(x_1, x_2, \dots, x_n) : V \rightarrow [B_{i,\ell}],$$

тоді $(x_{i_1}, x_{i_2} \dots x_{i_r}) \subset (x_1, \dots, x_n)$ підмножина з області означення $A(\dots)$. Істинність $A(\dots)$ залежить від вільних змінних, які входять в формулу $(x_{i_{r+1}}, \dots, x_n)$ або у загальному виразі:

$$K_i \in \{A, \exists\}, K_1 x_1, K_2 x_2 \dots K_n x_n A(x_1, x_2, \dots, x_n) : V \rightarrow \{B_{i,\ell}\}.$$

4. Логічна еквівалентність. Логічні кванторні вирази мають еквівалентність в сенсі кванторів існування і узагальнення: $\neg \forall x A(x) = \exists (\neg A(x))$, $\neg \exists x A(x) = \forall x (\neg A(x))$. При цьому порядок логічних операцій має наступну послідовність $\langle V, \&, F, \forall, \exists, \sim, \rightarrow \rangle$.

5. Формування логічних предикатних структур опису об'єктів. Введемо алфавіт числення предикатів, який складається з наступних елементів, які визначають структуру опису об'єкта: $V_1, V_2, \dots, V_j = V$ – предметна область; $x_1, x_2, \dots, x_n \subset V$ – предметні змінні; $a_1, a_2, \dots, a_k \subset V$ – предметні константи; $A_1^i, A_2^i, \dots, A_m^i, P_1^i \dots$ – предикатні букви; $f_1^i, f_2^i, \dots, f_k^i$ – функціональні букви.

6. Конструювання термінів. Сформулюємо правила конструювання термінів як елементів правильно побудованої формули (П.П.Ф.) логічних

висновків в декларативних процедурах прийняття рішень:

1) всяка предметна зміна є терм: $(x_i, a_i) = t_i, \quad x_i, a_i \subset V$;

2) композиція функцій і термів утворює нові терми: $f_i^n(t_1, t_2, \dots, t_n)$ – терм. Правила утворення атомарних формул задаються в наступній формі:

3) всяке висловлення зі змінними є атомарна формула;

4) композиція предикатних відношень і термів створює атом $(A_i^n \otimes (t_1 \dots t_n)) \rightarrow A_i^n(t_1 \dots t_n)$ – атомарна формула.

7. Конструювання логічно-правильних формул висновків. Розглянемо правила конструювання логічно-правильних формул в процедурах побудови логічних ланцюгів в схемах індуктивного і дедуктивного висновків, які мають наступну форму:

1) атом є формулою: $A_i^n(t_i)$;

2) A і B формули, $x \in V$ – предметна змінна $\langle \neg, \rightarrow, \sim, \&, V, \forall x, \exists x \rangle = \{L_A\}$ логічні оператори, то композиція формул на основі $\{L_A\}$ є формулами, якщо вираз має вигляд $((A, B, x \in V) \mapsto \neg A), (A \rightarrow B), (A \sim B), (A \& B), (A \vee B)$, то формулами також є вирази: $\forall x A, \exists x A$.

8. Інтерпретація предикатів. Формули числення предикатів мають зміст коли існує інтерпретація їх в предметній області: $A_i^n : V^n \rightarrow \{i, \varphi\}, f_i^n : V^n \rightarrow V, a_i \rightarrow x_i \in V$, тобто маємо наступну кванторну форму в правильно побудованих логічних ланцюгах висновків в наступному вигляді: $\forall x_1 \exists x_2 A_2(x_2, x_1) \equiv I_v(\forall x_1 \exists x_2 x \leq y), x_1, x_2, y \in V$. Істинність формул доказується на інтерпретаціях для всієї множини даних, формула заперечується якщо вона несправедлива хоч для одної інтерпретації де (i, φ) істинне і фальшиве.

9. Загальна значимість істинності П.П.Ф.

Якщо $(x, y \in V; \forall x P(x) \rightarrow P(y) | \forall x (P_x))$ – істина, то не може бути $(P(y) \rightarrow P(\varphi, x, y) \in V, P(y) \rightarrow \exists x P(x), \exists x \in V, \exists x P(x))$ – істина. Якщо $(P(y) \text{ – істина}) \rightarrow (\exists x P(x) \text{ – } (\varphi) \rightarrow P(y) \rightarrow \varphi)$, що заперечується. Ця процедура є основою синтезу класифікаторів. Локальна значимість змінних в логічних формулах є основою опису класів ситуацій $(\forall x \in V_i) \subset IIS$ в просторі станів системи, які означаються в формі предикатних виразів для відображення їх рангів:

1) $\exists x P(x) \rightarrow \{\forall x P(x) : (x \in \text{KL} : (D \text{ Sit} \cap S_{oy}))\}$,

³ $\rightarrow \text{Rang } S_i \subset \cup S_i(I_x)$, де I_x – інтервал значення параметру стану;

2) $A[x] \stackrel{\Delta}{=} P(x, z) \vee \forall y F(y)$ – то формула вільна від y ;

3) $A[x] \stackrel{\Delta}{=} P(x) \& \forall y F(x, y)$ – не вільна від y ;

4) терм $f(x_1, x_3)$ для формул $\forall x_2 P(x_1, x_2) \rightarrow Q(x_1)$ вільний по x_1 , $\forall x_2 \exists x_3 (P(x_1, x_2) \rightarrow Q(x_3))$ не вільний по x_1 ;

5) теорема: якщо $[A(x) - \text{П.П.Ф. вільна по } y]$, тоді маємо:

$$\Rightarrow (\forall x A(x) \rightarrow A(y), \Rightarrow A(y) \rightarrow \exists x A(x), [\Rightarrow \forall x A(x)] \rightarrow [\Rightarrow A(x)])$$

6) Якщо B – П.П.Ф. не має входжень в x , то маємо наступну структуру предикатних виразів в процесі побудови логічних висновків:

$$[(A \& B) \Rightarrow B \rightarrow A(x)] \rightarrow [(A \& B) \Rightarrow B \rightarrow \forall x A(x)],$$

$$[(A \& B) \Rightarrow A(x) \rightarrow B] \rightarrow [(A \& B) \Rightarrow \exists x A(x) \rightarrow B].$$

Алфавіт формальної системи.

Формалізація числення предикатів ΦC_2 ґрунтується на логічних формулах і процедурах, і включає необхідні складові елементи, множини, послідовності, предметні константи, функції. Вихідними елементами ΦC_2 є:

а) зчисленна множина предметних змінних $\{x_i\}_{i=1}^m$;

б) скінчена множина предметних констант $\{a_i\}_{i=1}^k$;

в) скінченна функціональна множина $\{f_1^1, f_1^2, \dots, f_1^m, \dots, f_k^1\}$ неявно прив'язана до цільової ситуації;

г) не порожня множина предикатних букв $\{A_1^1, \dots, A_k^i, \dots, P_k^j, \dots\}$;

д) символи операцій $\langle \neg, \&, \vee, \rightarrow \rangle, \langle =, \sim, \equiv \rangle$;

е) дужки означень $(\quad), \langle \quad \rangle$;

ж) символи кванторів \forall, \exists .

Відповідно, формулюються конструктивні правила утворення П.П.Ф. в логічних ланцюгах, які описують процеси оцінки ситуацій класифікації послідовностей прийняття рішень для досягнення мети в цільовому просторі системи, які ґрунтуються на наступних аксіоматичних засадах:

а) атом є П.П.Ф.;

б) $(A, B - \text{П.П.Ф.})$ і $(x - \text{предметна змінна})$, то П.П.Ф. будуть формули:
 $\neg A, \neg B; A \rightarrow B; \forall x A; A \& B; \exists x A; A \vee B$.

Система аксіом Н.В. Новікова.

Розглянемо логічну систему аксіом Новікова, які є основою правильно побудованих формул. Маємо наступну групу аксіом, які є виразами, що описують правила побудови логічних ланцюгів в процесі умовиводів:

$$A_1 : A \rightarrow (B \rightarrow A); A \& B \rightarrow A;$$

$$A_2 : A \& B \rightarrow B;$$

$$A_3 : (A \rightarrow (B \rightarrow C)) \rightarrow ((A \rightarrow B) \rightarrow (A \rightarrow C));$$

$$A_4 : (A \rightarrow B) \rightarrow ((A \rightarrow C) \rightarrow (A \rightarrow B \& C));$$

$$A_5 : A \rightarrow A \vee B;$$

$$A_6 : B \rightarrow A \vee B;$$

$$A_7 : (A \rightarrow C) \rightarrow ((B \rightarrow C) \rightarrow (A \vee B \rightarrow C));$$

$$A_8 : (A \rightarrow B) \rightarrow (\neg B \rightarrow \neg A);$$

$$A_9 : A \rightarrow \neg \neg A;$$

$$A_{10} : \neg \neg A \rightarrow A.$$

Систему кванторних аксіом:

$$AK_1 : \forall, \exists, t - \text{терм};$$

$$AK_2 : A(x) \text{ П.П.Ф.};$$

$$AK_3 : \forall x(A(x)) \rightarrow A(t);$$

$$AK_4 : A(t) \rightarrow \exists x A(x).$$

Правила висновків і їх доведення ґрунтуються на використанні властивостей логічних процедур, теорем, аксіом, формул, які є базовими елементами логічних теорій.

Правила формування логічних структур.

1) правило підстановок: терми t_i підставимо замість x в $\{t_i\}_{i=1}^k$, а предикат $A[x_1 \dots x_k]$ є такий, що він вільний по термах t_1, t_2, \dots, t_k , а предикат $\forall x A(x) \rightarrow A(t)$, де, t – не вільний для x в $A[x]$, тоді $A[x]$ – П.П.Ф. і t -терм який є невільний для x_i в наступних предикатних висловленнях:

$$A(x) \stackrel{\Delta}{=} \neg \forall x_2 A(x_1, x_2), \quad \forall x A(x) \rightarrow A(t),$$

$$I_i : \frac{\forall x_1 (\neg \forall x_2 A(x_1, x_2))}{i} \rightarrow \frac{\neg \forall x_2 A(x_1, x_2)}{\varphi};$$

2) правило modus ponens є основою побудови ланцюгу логічного слідування. Якщо, $(\vdash A \text{ і } \vdash A \rightarrow B)$ то $\vdash \hat{A}$;

3) правило узагальнення для правильно побудованої формули з використанням квантора.

$$\text{Якщо: } \vdash (B \rightarrow A(x)) : \text{П.П.Ф.} \text{ то } (B \rightarrow \forall x A(x)) - \text{П.П.Ф.};$$

4) правило конкретизації логічного висловлення в структурі правильно побудованих формул:

$$\vdash (A(x) \rightarrow B) - \text{П.П.Ф.}(x \notin B) \Big| \Rightarrow \Big| \exists x A() \rightarrow B : \text{П.П.Ф.};$$

5) правило зв'язування кванторів узагальнення на множині A відносно елементів x : $(\vdash A(x)) \Rightarrow (\vdash \forall x A(x))$,

- 1) $\vdash B \rightarrow A(x)$;
- 2) $\vdash B \rightarrow \forall x A(x)$;
- 3) $\vdash B \rightarrow \forall x A(x)$ P – теорема;
- 4) $\vdash \forall x A(x)$.

Виводимість нових знань на основі П.П.Ф.

Виводимість П.П.Ф. ґрунтується на процедурах побудови логічних слідувань: якщо П.П.Ф. – B виводима з П.П.Ф. – A , з множини $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ тоді маємо наступні наслідки, які ґрунтуються на аксіомах і правилах:

- 1) A виводима з A ;
- 2) всяка виводима П.П.Ф. в $\Phi C_2 B$ виводима $A \vdash B, A \in \{A_1 \dots A_n\}$;
- 3) $(\vdash B_1) \supset (B_1 \rightarrow B_2), A \vdash B_1, A \vdash (B_1 \rightarrow B_2)$ то $(A \vdash B_2)$;
- 4) $A \vdash (B_1 \rightarrow B_2(x))$ то $A \vdash (B_1 \rightarrow \forall x B_2(x))$ B_1 і A не утримують x ;
- 5) $A \vdash (B_2(x) \rightarrow B_1), x \notin (A_1 B_1) \Big|$, то $A \vdash (\exists x B_2(x) \rightarrow B_1)$;
- 6) $(A, B) \dot{I} \dot{I} \dot{O}. (\hat{A} \vdash \hat{A})$, а перейменування $\hat{A} \vdash \hat{A}'$ змінних зв'язаних, то $\hat{A} \vdash \hat{A}'$;
- 7) теорема дедукції, якщо: $(\hat{A}_1, \hat{A}_2, \dots, \hat{A}_n \vdash B)$, то $\vdash A_1 \rightarrow (A_2 \rightarrow (\dots (A_n \rightarrow B)))$;
- 8) теорема силлогізму $B \vdash (C \rightarrow E) \vdash A \rightarrow (C \rightarrow E)$;
- 9) правило перестановки посилок $\vdash A \rightarrow (B \rightarrow C)$ то $\vdash B \rightarrow (A \rightarrow C)$;

$$\rightarrow (\exists x \forall y A(x, y)) \rightarrow \forall y \exists x A(x, y) \rightarrow$$

$$(\forall x (A(x) \rightarrow B(x)) \rightarrow B(x)) \rightarrow (\exists x A(x) \rightarrow \exists x B(x)).$$

10) повнота змісту предикатів. Числення предикатів не повне у вузькому змісті, так як до нього в системі аксіом можна долучити недоказову в ньому П.П.Ф. $x_i \in V : \exists x A(x) \rightarrow \forall x A(x)$ для одного елементу П.П.Ф. трансформується в П.П.Ф.: $A \rightarrow A$;

11) поняття рівності в численні предикатів $(x=y)$, а x і y один і той же об'єкт.

Розглянемо властивості логічних виразів на основі введеного поняття рівності елементів: $x = y, y = x, (x = y, y = z) \rightarrow y = z$,

$$(x = y, x \in A, y \in B) \rightarrow A = B.$$

Процедуру розширення системи аксіом і правила конструювання правильно побудованих логічних формул, як основи змістовних виразів представимо у вигляді:

1) предикатний символ [=] розширення в логічній формі;

2) правило конструювання П.П.Ф. $(x, y \in V) \Rightarrow \left(x = y \stackrel{\Delta}{=} \text{П.П.Ф.} \right)$;

3) $\forall x_1 (x_1 = x_1)$;

4) $\forall x \forall y ((x = y) \rightarrow (A(x) = A(y)))$;

5) властивості транзитивності і симетричності $\mapsto (x = y) \rightarrow (y = x)$,
 $\mapsto (x = y) \rightarrow (y = z \rightarrow x = z)$.

Порядок на множині, як основа класифікаторів.

Теорія часткового впорядкування на множині $\{x_1, x_2, \dots\}$ задається системою предикатних відношень. Нехай задано предикатні відношення у вигляді $A(x_1, x_2) \stackrel{\Delta}{=} x_1 < x_2$, $\neg A(x_1, x_2) \stackrel{\Delta}{=} x_1 \not< x_2$. Тоді система аксіом визначає властивості:

P_1 рефлексивність $\mapsto \forall x_1 (x_1 \not< x_1)$;

P_2 транзитивність $\rightarrow \forall x_1 \forall x_2 \forall x_3 : ((x_1 < x_2) \& (x_2 < x_3)) \rightarrow (x_1 < x_3)$.

Процедури доведення.

Нормальні форми в процедурах доказу теорем виступають як основні елементи правильно побудованих логічних формул з кванторами узагальнення і існування, тоді умови рівносильності формул визначаються на основі співвідношень які мають наступний вигляд:

1) $F \stackrel{\exists}{=} \hat{O}$ рівносильні $F = \hat{O}$, коли їх значення співпадають на множинах інтерпретацій;

2) при існуванні пари рівносильних формул заданих у вигляді кванторних висловлень:

$$\begin{cases} \forall x F(x) \vee \hat{O} = \forall x [F(x) \vee \hat{O}], & \left\{ \begin{array}{l} \exists x F(x) \vee \hat{O} = \exists x [F(x) \wedge \hat{O}], \\ \forall x F(x) \wedge \hat{O} = \forall x [F(x) \wedge \hat{O}], \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \forall x F(x) \wedge \hat{O} = \forall x [F(x) \wedge \hat{O}], \\ \exists x F(x) \vee \hat{O} = \exists x [F(x) \& \hat{O}], \end{array} \right. & \left\{ \begin{array}{l} \forall x F(x) \& \forall x \hat{O}(x) = \forall x [F(x) \& \hat{O}(x)], \\ \exists x F(x) \vee \exists x \hat{O}(x) \neq \forall x (F(x) \vee \hat{O}(x)), \\ \exists x F(x) \vee \exists x [F(x) \vee \hat{O}(x)], & \left\{ \begin{array}{l} \exists x F(x) \& \exists x \hat{O}(x) \neq \exists x (F(x) \wedge \hat{O}(x)), \end{array} \right. \end{array} \right.$$

тоді відповідно можемо побудувати правильні нормальні кванторні формули (П.Н.К.Ф.), які повні логічно відносяться до функцій висловлень;

3) кванторна нормальна форма П.Н.К.Ф.:

$$F = \frac{Kx_1 Kx_2 \dots Kx_r M(x_1 \dots x_r)}{\text{префікс} \quad \text{матриця}}.$$

Побудова правильної, нормальної, квантової формули.

Розглянемо приклад побудови правильної нормальної форми на основі кванторів узагальнення і існування відносно предикатів P, Q, R . Тоді правильні нормальні форми мають наступний вигляд:

$$\text{П.Н.К.}\Phi_1: F_1 = \exists x \forall y (Q(x, y) \vee \neg P(f(x)) \rightarrow R(x, y(y)))_{\text{п.н.ф.}},$$

$$\text{П.Н.К.}\Phi_2: F_2 = \forall x (P(x) \rightarrow \exists y Q(x, y)) \text{ не є П.Н.Ф.}$$

Алгоритм приведення предиката до нормальної форми задається у вигляді:

$$K_1. F \sim \Phi = (\neg F \vee \Phi) \& (F \vee \neg \Phi), \quad F \rightarrow \Phi = \neg F \vee \Phi,$$

$$\hat{E}_2. \neg \neg F = F, \quad \neg(F \vee \hat{O}) = \neg \hat{O} \& \neg \hat{O}, \quad \neg(F \wedge \hat{O}) = \neg \hat{O} \vee \neg \hat{O},$$

$$\neg \forall x F(x) = \exists x (\neg F(x)), \quad \neg \exists x F(x) = \forall x (\neg F(x));$$

$$\hat{E}_3. Kx F(x) \vee \hat{O} = Kx [F(x) \vee \hat{O}], \quad Kx F(x) \wedge \hat{O} = Kx [F(x) \& \hat{O}],$$

$$\forall x F(x) \& \forall x \hat{O}(x) = \forall x [F(x) \wedge \hat{O}(x)], \quad \exists x F(x) \vee \exists x \hat{O}(x) = \exists x [F(x) \vee \hat{O}(x)],$$

$$K_1 x F(x) \vee K_2 x \hat{O}(x) = K_1 x K_2 y (F(x) \vee \hat{O}(y))$$

$$K_1 x F(x) \& K_2 \hat{O}(x) = K_1 x K_2 y [F(x) \& \hat{O}(y)]$$

... ..

$$K_1 x_1 K_2 x_2 \dots K_r x_r M.$$

Відношення логічного слідування.

Розглянемо відношення логічного слідування і еквівалентність форм узагальнення, які покладені в основу процедур класифікації ситуацій, що описуються в рамках кванторних предикатів:

$$1. (F_1, F_2, \dots, F_n \Rightarrow B) \equiv (\Rightarrow F_1 \& F_2 \& \dots F_n \rightarrow B) \text{ – твердження;}$$

$$2. (F_1, F_2, \dots, F_n \Rightarrow B) \equiv (\Rightarrow F_1 \& F_2 \& \dots F_n \rightarrow \neg B) \text{ – протиріччє}$$

твердження.

Схему отримання логічних наслідків використовуємо як основу синтезу процедур побудови ланцюгів висновків в твердженнях, які описують зміну ситуацій, відповідно, маємо:

1. Нехай дано П.П.Ф. $(F_1, F_2, \dots, F_n \text{ і } B)$, B – логічно слідує з послідовності $\{F_1, F_2, \dots, F_n\}$ тільки тоді коли для любой інтерпретації I в якій $[F_1 \& F_2 \& \dots F_n]$ – істинно, B – також істинно, тобто існує виводимість: $(B : \{F_1, F_2, \dots F_n\} \Rightarrow B$ – істинність, $\{F_1, F_2, \dots F_n\} \Rightarrow \neg B$ – протиріччя).

2. Алгоритм слідування: $\forall x(P(x) \rightarrow N(x))$ виступає як кванторний предикат для якого маємо наступний вираз:

$$\forall x \in X : \left\{ \frac{P(x_1) - i}{N(x_1) - i} \right\} \Rightarrow N(x) - \text{П.П.}\Phi.$$

Екстенціональні представлення в побудові проблемно-орієнтованих баз знань

Представлення понять інтерпретуються як множина пар в предметній області для яких задане відношення $\{R/\cup R_i\}$ на множині істинно

$$\{\alpha_i, \beta_i\}_{i=1}^m / R_0 : \forall_i \{\alpha_i R_0 \beta_i\}_{i=1}^m \rightarrow \{I_R = / U_{R_i} = I_{cm}\}.$$

Процедури визначаються знаннями та законами про конкретну предметну область логічних зв'язків і виражають семантику декларативної моделі представлення знань і даних в БД у вигляді бінарних відношень на таблицях.

Закон однозначності. Кожний об'єкт має однозначне ім'я.

Закон повноти. Любий факт, що не є істинним, буде помилковим.

$$\forall x(P(x) \rightarrow (x = a) \vee (x = b)), \quad P(c) - \text{відмінний від } P(a) \wedge P(b) \text{ приводить } \neg P(c) \rightarrow (a \neq c, b \neq c, a \neq b).$$

Процедурні представлення знань про предметну область

Дедуктивні БД: Для одержання нових фактів з аксіом відносно цільових проблем використовуються методи доведення теорем.

Прості БД. Користувач пише складні запити на дані, які враховують аксіоми предметної області.

БД_х – хорнівського типу на основі сукупності диз'юнктивів Хорна:

$$[\neg A_1 \vee \neg A_2 \dots \vee \neg A_n \vee B] \mapsto [A_1 \& A_2 \& A_3 \dots A_n \rightarrow B] \text{ заключення.}$$

Диз'юнкти Хорна $[U \vee B], [U \rightarrow B]$ представляють собою загальні закони, аксіоми, що відповідають інтенціональному відображенню знань. Диз'юнкти без умов – факти які відповідають екстенціональному відображенню. Диз'юнкти без заключення $[U :]$ є запереченням фактів, цілі. Диз'юнкти Хорна є функціонально вільні літери і формули, і тому будуть вільними дедуктивні БД, що дозволяє сформувані стандартні підсистеми доведень теорем. Нехорнівські диз'юнкти.

Вони визначають структуру логічних процедур побудови висновків в умовах нечіткості і розмитості та неповноти даних при описі динамічних ситуацій.

Опис розмитості ситуації про стан об'єкта для висновку має вигляд:

$$\left[\frac{(A_1 \& A_2 \& \dots \& A_n)}{U} \rightarrow \frac{(B_1 \vee B_2 \dots \vee B_m)}{\text{заключення}} \right]$$

$$\left[\frac{(B_1 \vee B_2 \vee \dots \vee B_m)}{U} \vee \frac{(\neg A_1 \vee \neg A_2 \dots \vee \neg A_n)}{U} \right]$$

Типи змінних в стандартній логіці мають однакові означення і тому логіка односортна для правил побудови процедур рішень. В логіку БД і БЗ вводяться сорти і типи змінних. Багатосортна логіка буде застосовуватися для виключення аномалій при роботі з даними різних предметних областей для виключення некоректних висновків, що підвищує ефективність алгоритмів пошуку і висновків і дозволяє відкинути синтаксично правильні, але беззмістовні твердження, що дозволяє підняти ефективність системи прийняття рішень:

$$W = \left\{ \text{сорт } 1: [(V_1^1 \dots V_1^j, j \in [1, m]), K_1] \dots \text{сорт } i: [(V_1^1 \dots V_i^m, i \in [1, n]), K_i] \right\},$$

де V_i^j – множина змінних, K – множина констант, W – множина багатосортних даних.

В нормальних і екстремальних ситуаціях оператор сприймає дані про ситуацію на основі образних асоціацій про структуру і динаміку об'єкта у вигляді геометричних образів (шкали приладів, цифрові показники) або образів конструкцій. В своїй уяві будує сценарії подій на основі когнітивних нейроструктур пов'язуючи їх з конкретною предметною областю. Формування образів вимагає лінгвіністичних означень компонентів системи.

Логіко – лінгвіністичні підстави формування моделей знань в когнітивних нейроструктурах у вигляді сценаріїв подій

Предметна область – частина реального світу (об'єкти, системи, структури виробничих та соціальних організацій, наукові знання та професійні навички).

Предметна область, в залежності від рівня семантичної інтерпретації на основі вибраної моделі об'єкта структурується на:

- датологічні моделі даних, які описують об'єкт дослідження з використанням моделі логічного рівня представлення даних;
- інфологічні (інформаційні) – відображають специфіку інформаційного середовища і використовуються для представлення інформації про предметну область.

Модель даних в структурному плані характеризується сукупністю:

- взаємно пов'язаних понять;
- правил отриманих даних;
- логіко-семантичних властивостей;
- операцій над даними;

- фізичною цілісністю і обмеженістю;
- ієрархією представлення даних.

Рівні представлення даних:

Концептуальний рівень представлення даних в форматі концептуальної моделі відображає об'єктивні властивості даних, які описують предметну область незалежно від прикладних цілей, а також пов'язаний з логічними характеристиками предметної області.

Зовнішній рівень відображає суб'єктивні погляди на дані конкретної особи в процесі дослідження об'єкта, при цьому виділяється підмножина концептуального представлення моделі об'єкта.

Внутрішній рівень визначає машинно-орієнтоване фізичне представлення коду даних.

Основа ієрархії представлення даних включає спосіб організації даних згідно цільового призначення:

- критерії представлення моделі;
- модифікація параметрів моделі;
- незмінність опису об'єкта;
- концептуальні представлення при розширенні предметної області та границі обмежень;
- фізична і логічна ефективність представлення даних;
- трансформаційні можливості представлення даних.

Типізація моделей даних:

В процедурах класифікації моделей даних виділимо схеми: типізації і схематичності.

Слаботипізовані моделі. Синтаксична структура даних цього типу вбудована в модель предметної області та вказує на належність конкретних даних до певної категорії.

Сильнотипізовані моделі. В таких моделях даних вбудовані правила побудови синтаксичних структур і специфікацій логіко-семантичних властивостей для даного типу даних.

Синтаксичні моделі. Моделі такого типу характеризуються тим, що їхні можливості обмежуються засобами синтаксичної структуризації даних для кожної реалізації (однотипні екземпляри), відповідно, це табличні і графові моделі.

Семантичні моделі. Характеризуються наявністю засобів специфікації семантичних структур, які відповідають відношенням: узагальнення, агрегації, асоціації. Ці відношення зв'язують дані різних типів на основі семантичної інтерпретації.

Моделі знань. Моделі знань відносно моделей даних відрізняються логічним наслідком розвитку і ускладненням інформаційних структур та характеризуються:

- інтерпретованістю – змістовна інтерпретація множини даних, яка завжди присутня;

- наявністю класифікаційних відношень типу: елемент – множина, тип – підтип, клас – підклас, ситуація – під ситуація, такі відношення виражають наслідування інформації;

- ситуативністю зв'язків, які визначають ситуативну сумісність окремих подій і факторів, що зберігаються в пам'яті і дозволяють будувати процедури аналізу знань.

Інтелектуальність систем та особа приймаюча рішення (ОПР) характеризується здатністю розв'язувати ситуаційні проблеми задачі:

- представлення знань і робота з ними на основі створення моделей і умов для опрацювання знань (математичного та логічного);

- планування цілеспрямованої поведінки, створення методів формування цілей і розв'язання задач планування дій автоматом чи людиною;

- створення засобів діалогу і відповідних інтерфейсів;

- створення методів і засобів розпізнавання образів, навчання, сприймання образної, слухової та інших видів інформації (абстрактної, числової, графічної, логічної).

Розглянемо інформаційну структуру інтелектуальної системи, як моделі когнітивної структури ОПР (Рис. 2).

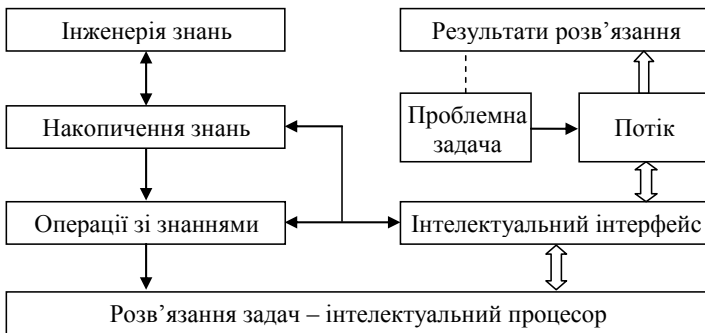


Рис. 2 Інформаційна структура інтелектуальної системи

З такої моделі слідує, що в процесі навчання в ОПР повинен сформуватись в нейроструктурі компонент когнітивної системи, яка за своїми функціями подібна до інтелектуальної, фізично-інформаційної та здатної розв'язувати проблемні задачі, які виникають при різних ситуаціях (Рис. 3).

Отже кожній ситуації відповідає тип знань достатній для розв'язання даного класу задач.

Розглянемо типи знань необхідних для розв'язання ситуаційних проблем.

1. Інтенціональні знання, які описують абстрактні об'єкти, події,

Відношення.

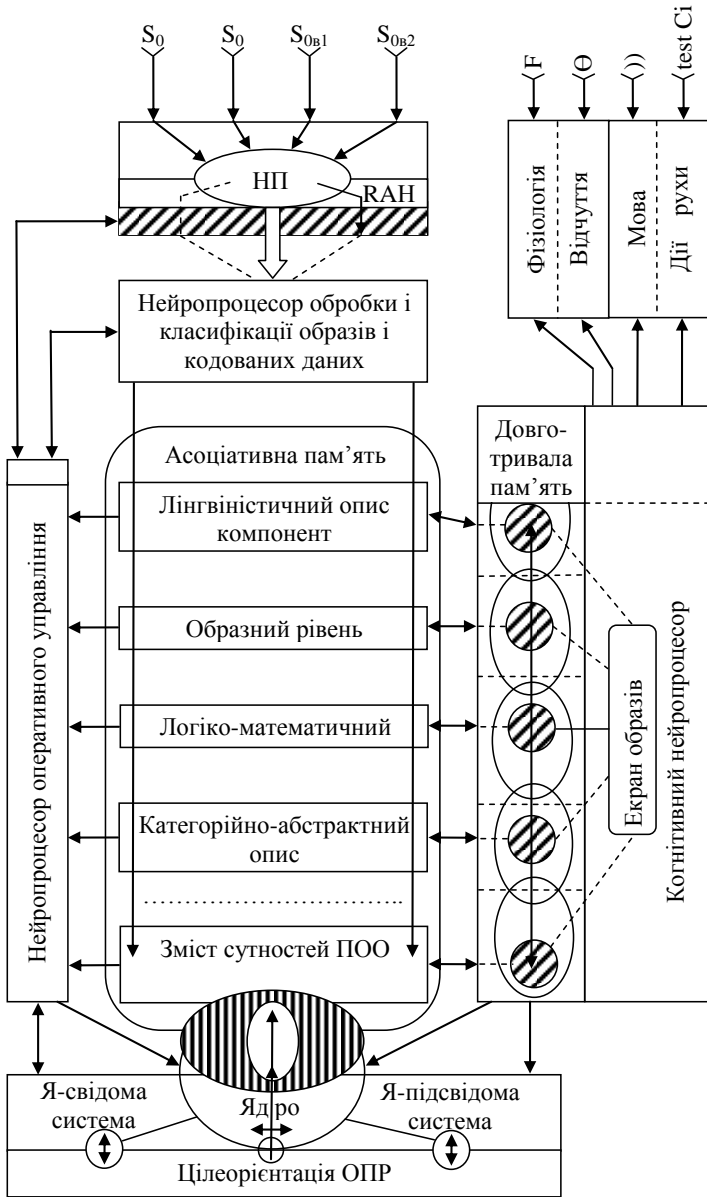


Рис. 3 Когнітивна модель інтелектуального опрацювання даних оператором АСУ

2. Екстенціональні знання, які описують характеристики конкретних об'єктів, їх стан, значення параметрів в певні моменти часу.

Структуру даних відображають через семіотичні системи в яких виділяють три компоненти:

- синтаксичну, яка описує внутрішню організацію знакової системи, правила побудови і перетворення знакових виразів, зв'язність та зміст тверджень;

- семантичну, яка визначає відношення між знаками і їх концептами, тобто задає зміст і значення конкретних знаків;

- прагматичну – визначає зміст знаку для кожної предметної області.

Відповідно, класифікуються типи знань.

1. Синтаксичні знання характеризують синтаксичну структуру об'єкта чи явища що описується та не залежать від змісту і сутності понять які використовуються;

2. Семантичні знання включають інформацію пов'язану із значенням і сутністю явищ та об'єктів які описуються, їм відповідають S -моделі;

3. Прагматичні знання описують об'єкти і явища з точки зору проблемної задачі, яка розв'язується, їм відповідають P -моделі;

Відповідно до цих концепцій формуються моделі представлення знань:

1. Декларативні моделі знань представляють сукупність загально значимих тверджень, їм властиве роздільне представлення синтаксичних і семантичних знань їх взаємозв'язків і визначених сутностей.

2. Процедурні моделі знань – знання представляють у вигляді сукупності процедур над станом об'єктів предметної області.

3. Логічні моделі знань базуються на понятті формальної системи заданої набором множин $(M=(T, P, A, F))$, де T – базис елементів $P = \{P_{pi}\}$ – множина правил, які дозволяють будувати із виразів « T » семантично правильні твердження, A – множина аксіом, F – семантичні правила виводу.

Використання логік різного типу при побудові правил породжує моделі різного класу а особливо логіки предикатів.

Семантична сіткова модель – ґрунтується концепції про те, що пам'ять формується через асоціації між поняттями. Базовим функціональним елементом семантичної мережі служить структура

$\langle \Pi_1 - \text{поняття} \xrightarrow[\text{відношення}]{\text{для}} \Pi_2 - \text{поняття} \rangle \equiv \tau_i$, де $\tau_i(\Pi_{i1}, d_i, \Pi_{i2})$ – факт, яка при повному поєднанні може створити мережу фактів, семантичній структурі відповідає предметна логічна структура $\tau(\Pi_1, d, \Pi_2) = P(\Pi_1, \Pi_2, d)$.

Відповідно, семантичні мережі поділяються на класи за типами відношень:

- лінгвістичні;
- логічні;
- теоретико-множинні;
- квантифіковані.

Це дає підставу їх використання для побудови баз даних і знань.

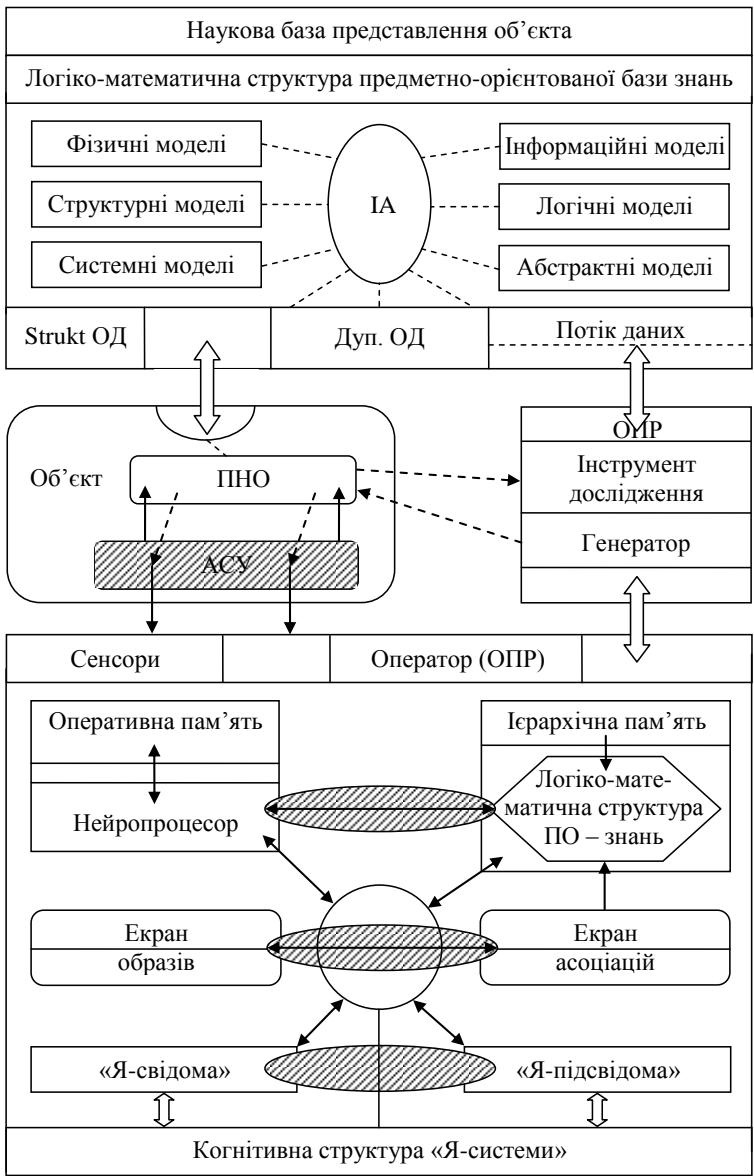


Рис. 4. Когнітивна модель оцінки ситуації в ПНО

Моделі взаємодії потенційно-небезпечного об'єкта з АСУ і оперативним персоналом.

Розглянемо ієрархію взаємодії об'єкта управління ↔ АСУ ↔ оперативного персоналу з метою виділення інформаційних компонент як бази для прийняття рішень на основі оцінки ситуацій виходячи з потоку відібраних даних на термінальній інтервалі часу. В нормальних режимах АСУ справляється з управлінням потенційно-небезпечного об'єкта і додаткового впливу зі сторони оперативного персоналу непотрібно. При відхиленні від заданого режиму функціонування, якщо АСУ не справляється з формуванням управляючих дій, необхідне втручання оператора, при цьому він в своїй уяві повинен прокрутити сценарій розвитку подій. З цього слідує, що оператору необхідно виконати низку інтелектуальних операцій (Рис. 4):

- уявити тенденцію розвитку режиму ПНО і оцінити наближення до аварійного чи граничного режиму;
- прокрутити сценарій зміни розвитку подій і сформувавши стратегію корекції чи координації;
- добути з пам'яті знання про логіко-математичну структуру предметно-орієнтованих компонентів ПНО їх фізичну і енергетичну функцію на основі сформованих моделей в довготривалій пам'яті;
- розробити, на основі накоплених знань, і прокрутити в уяві послідовність необхідних команд і дій та оцінити їх наслідки, ця операція відбувається на рівні свідомої когнітивної компоненти – «Я-системи»;
- виконати дії згідно ініціації активності ядра когнітивної системи з допомогою відповідних впливів на керуючі елементи АСУ та оцінити результати і ризику.

На основі проведених досліджень в технологічних структурах ПНО слідує, що для формування стратегій управління та прийняття рішень необхідно комплектувати знання про необхідну область у вигляді зв'язаної ієрархії рівнів опису вербального, лінгвістичного, фізичного та математично формувати відповідну логіку дій ОПР.

Декларативна модель представлення знань в своїй основі використовує мову логіки предикатів, яка є ланкою зв'язку для відображення знань, структур даних і програмних. При декларативному відображенні знань має місце чітке розділення процедур: пошуку рішень за вибраною $Strat U / C_i$; процедури оптимізації за цільовими критеріями. Процедура пошуку не залежить від предметної області і носить універсальний характер, що дозволяє створити оболонку ВД і ВЗ. Ефективність процедури пошуку залежить від – синтаксичної структури опису стану і структури DS ; знань з конкретної предметної області і ступені впорядкованості; семантики декларативної моделі представлення знань; структурного опису операту системи; системи управління БД; абстрактної структури типів даних. Прості БД працюють з таблицями і не можуть працювати з базами знань.

Висновок

Розглянуто елементи побудови логічних та когнітивних процедур дедуктивного виводу для розв'язання проблеми формування рішень в

р-техногенних системах на підставі використання концепції особистої рішучої рішення когнітивної «Я-системи».

Література

1. Гудмен С. Введение в разработку и анализ алгоритмов / С. Гудмен, С. Хидетниemi – М.: Мир, 1981. – 368 с.
2. Проектування інформаційних систем / ред. Пономаренко В. С. – К.: Академія, 2002. – 486 с.
3. Сікора Л. С. Лазерні інформаційно-вимірювальні системи для управління технологічними процесами. Частина 2. Системологія прийняття рішень на управління в складних технологічних структурах / Л. С. Сікора – Львів: Каменярь, 1998. – 453 с.
4. Сікора Л. С. Робасні та інформаційні концепції в процедурах синтезу систем управління / Л. С. Сікора – Львів. Центр стратегічних досліджень екобіотехнічних систем. 2001. – 577 с.
5. Сікора Л. С. Теорія дедуктивного виводу в процедурах синтезу стратегій управління в технологічному комплексі / Л. С. Сікора, М. О. Медиковський – Львів, ІТІС, ДНДІ, т.5, №3-4, 2002.