

Л.Л. Тупичак, УАД

Л.С. Сікора, д.т.н., НУЛП

Н.К. Лиса, д.т.н., НУЛП

Ю.Г. Міюшкович, к.т.н., НУЛП

Р.С. Марцишин, к.т.н., НУЛП

ІНФОРМАЦІЙНІ ТА СИСТЕМНІ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЦЕДУРИ ЛОГІЧНИХ ВИСНОВКІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ДЕРЕВ РІШЕНЬ І СТРАТЕГІЙ АКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЦІЛЕОРІЄНТОВАНИМИ, ОРГАНІЗАЦІЙНИМИ І ТЕХНОГЕННИМИ СИСТЕМАМИ

Abstract. The model of active goal-oriented management systems and synthesis of laws of object management, which are components of technogenic, organizational and administrative structures, are substantiated and developed.

Keywords: system, purpose, goal, strategy, tactics, structure, organization, management, situation, procedure, action.

Вступ. На сучасному етапі розвитку виробництва різко зростає навантаженість на технологічні об'єкти і агрегати які працюють в граничному режимі. Це, відповідно, ускладнює управління такими енергоактивними ресурсоемкими об'єктами, оскільки при дії збурень на потенційно-небезпечний об'єкт і автоматизованої системи управління (АСУ) він може легко вийти за межі допустимих значень параметрів стану і ввійти в аварійну зону, що може привести до втрати керованості, що вимагає нових методів синтезу стратегій [1, 3] управління, як на технічному так і адміністративному рівні.

Стратегії компенсації стають не ефективними, оскільки не забезпечують захист об'єкту в критичному режимі по управлінні при дії акторів ресурсних інформаційних атак.

Більш ефективним є підхід, що базується на концепції інтелектуального управління, який включає наступні компоненти інформаційної технології:

- прийом і опрацювання даних від об'єктів інформаційно-вимірювальною системою з подальшою інтелектуальною обробкою;
- формування образів ситуації в просторі станів об'єкта, дискримінація і їх класифікація на підставі теорії прийняття рішень;
- побудова дерев рішень на альтернативному розбитті цільового простору станів системи управління згідно стратегії досягнення мети;
- формування логічних схем, команд управління виконавчими системами згідно тактики прийняття рішень на адміністративному рівні;

- відслідковування траєкторії руху системи та прогноз можливих ситуацій;
- оптимізація та адаптація стратегій цілеорієнтованої поведінки персоналу.

На основі такого підходу до синтезу систем управління створюється концепція активної цілеорієнтованої системи здатної реалізовувати задану мету згідно ситуації.

Аналіз проблеми активності системи. Активні системи визначаються використанням енергетичних ресурсів для свого функціонування при визначеній інформаційній та організаційній структурі.

Поняття цілі для активних систем використовувалось в роботах Анохіна П., Бернштейна Н., Розена В., Віпера Н., Месаровича М., Сікори Л.

Активна поведінка визначається при зміні ситуації, як:

- ціленаправлена – дія яка веде за рахунок матеріальних і енергетичних ресурсів до кінцевої цілі за термінальний час;
- неціленаправлена – стохастична поведінка не зорієнтована на кінцеву мету, при цьому відбувається розсіяння внутрішньої енергії [3] при дії факторів збурення ресурсних і інформаційних потоків.

Мета дослідження – розроблення методу оптимізації цілеспрямованого управління на підставі використання системного аналізу та інформаційної технології обробки даних.

Задачі дослідження. На підставі інформаційних технологій і системного аналізу обґрунтувати та розробити методи:

- провести аналіз джерел по даній проблемі;
- обґрунтувати використання інтелектуальної обробки даних для оцінки ситуацій в складних структурах ієрархії;
- обґрунтувати і розробити метод побудови цілеспрямованих стратегій антикризового управління при обмежених ресурсах.

Аналіз публікацій. В працях [1, 2] обґрунтовано методи обробки нечіткої інформації у системах прийняття рішень з використанням штучного інтелекту та системного аналізу. В праці [3] обґрунтовано концепцію енергоактивності та проблему управління при обмежених ресурсах в автоматизованих системах.

В монографіях [4, 5, 6] проведено аналіз методів прийняття рішень та сформована концепція цілеспрямованості.

В працях [7-10] обґрунтовано сучасні методи управління в людино-машинних системах (техногенні, організаційні, адміністративні).

В статті [11] проведено аналіз процесів обробки даних для задач управління.

Тобто цілеорієнтованість в сенсі Віпера Н. означена як ціленаправленість системи що виявляє направленість на певний результат –

тобто досягнення цільового стану за певний час і рівень затрат ресурсів. Така система веде себе так, як би вона переслідувала певну ціль, тактика якої закладена у внутрішній стратегії поведінки відповідно до організаційної структури інтелектуального процесора (живою чи автоматичною) [4].

Можна виділити наступні типи цілей, які повинна реалізувати система:

- якісна ціль означена на цільовій підмножині $B \subset PC$ - цільового простору де задана рангована множина альтернатив $\exists Strat B_A : (A_i : x \in B); RangA = \{A_0 \langle A_1 \langle A_2 \langle \dots \langle A_n \rangle \dots \rangle\}$.
- максимізація цільової функції $f(x_c, U | A)$ на просторі управлінь при розмитості області цілі

$$\exists \left[\max_{T \times A} f(x_c, U | A) \right] : \exists U_i \geq 0 (x_i \xrightarrow{A_i} x_c), P(X_i \in V_{Ci}) \rightarrow (1 - \Delta_i).$$

Аналіз задачі синтезу цілеспрямованих систем управління з ієрархічною структурою. Як слідує з аналізу актуальності проблеми управління в людино-машинних системах (техногенні, організаційні, адміністративні) в основі якої закладена цілеспрямованість, тобто досягнення мети функціонування при дії ресурсних, енергетичних обмеженнях та інформаційних атаках, є в подальшому актуальною.

Відповідно побудуємо структурну схему ситуаційної моделі активного управління (рис. 1) яка включає наступні компоненти інтелектуального забезпечення процесу прийняття управлінських рішень:

- об'єкт управління OYAS з портами спостереження P_s , управління P_u , ресурсів P_R (1,2) та каналами передачі команд управління;
- спостерігаючу (3,4) інформаційну систему NS та глобального контролера NG-стану енергоактивних і ресурсних агрегатів;
- формувача та класифікатора образів ситуацій (5,6) в активних об'єктах;
- формувач програм управління (7) на основі моделі поведінки в просторі цілей згідно стратегії цілеорієнтації ;
- інтелектуального забезпечення цілеорієнтованої активної системи – баз даних і знань з системою оптимізації і адаптації при дії збурень;
- генератора стратегій (9) досягнення заданих цілей (ZVC_i) в структурі управління.

Така структура включає відповідно компоненти виконавчого управління:

- $GM\ trak(c_1)$ – генератор моделей траєкторій руху системи в область цілі на основі програми управління (10), яка формується згідно мети;
- командний процесор КР (11) виконання управляючих дій;
- виконавчий механізм (12) з джерелом енергії (13), для управління (регулювання) потоку ресурсів і режиму функціонування.

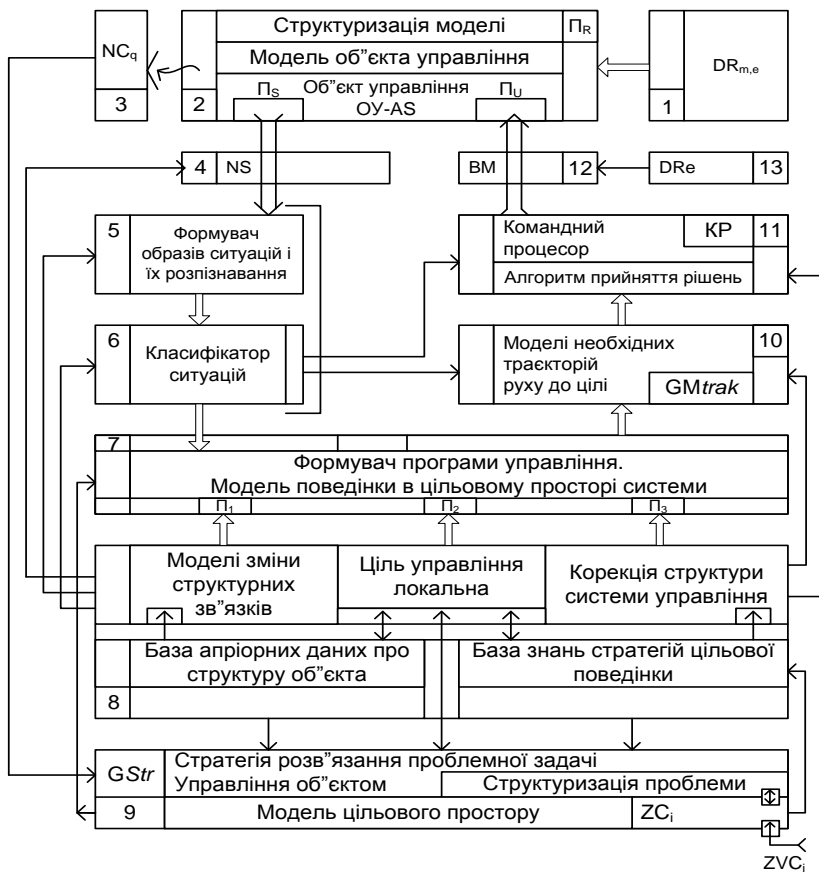


Рис. 1. Ієрархічна ситуаційна модель активного управління

Логічна структура задач прийняття цілеорієнтованих рішень.

Розглянемо в загальному вигляді логічну структуру задачі прийняття рішень в рамках системного аналізу. Тоді процедуру прийняття рішень можна представити у вигляді класичної імовірнісної моделі, яка описує ймовірність досягнення цільової області:

$$F : (X \times Y) \rightarrow A_i \subset A; p(A_i) = \sum_{F_i} q_i, \sum_{i=1}^m q_i = 1;$$

де $y_j \in Y$ - множина станів системи (допустима);

F – функція реалізації рішення;

$x_i \in X$ - розбиття на альтернативні стани системи;

q_i - імовірність появи стану y_i ;

$p(A_i)$ - імовірність альтернативи A_i при виборі альтернативного шляху x_i .

Якщо вводиться система переваг альтернатив на основі рангових критеріїв то функція реалізації рішень на розбитті $(\{x_i\} \times \{y_i\})_{i,j=1}^{m,m}$ має наступну форму:

$$\{F : (X \times Y) \rightarrow A\} \equiv \{F_i : (x_i \times y_j) \rightarrow A_{ij}\}_{i,j=1}^{m^2} \begin{matrix} r_n \\ > A_{ni} \\ > A_{ni-1} \\ > \dots \\ > A_{1,1} \end{matrix} \quad (1)$$

Для побудови системи логічних наслідків в процедурах прийняття рішень на управління використовується принцип резолюції у вигляді правил істинності в процесах доведення у вигляді предикату виводу:

$$\Pi_{D1} : (A \vee X, B \vee \neg X) \vdash A \vee B; \quad \Pi_{D2} : (\neg X \Rightarrow A, X \Rightarrow B) \vdash A \vee B; \quad (2)$$

Тоді структурна схема тверджень про ситуацію на основі процедури перевірки гіпотез прийме наступну форму:

$$\begin{aligned} H_{1i} &: \forall x [P_i(x) \Rightarrow Q_i(x)]; \\ H_{2i} &: \forall x [Q_i(x) \Rightarrow R_i(x)]; \\ &\dots \\ CH_{ji} &: \forall x [P_i(x) \Rightarrow R_i(x)]; \end{aligned} \quad (3)$$

де $P_i(), Q_i(), R_i()$ - модель опису ситуації в момент $t_i \in T_m$ яка визначає логічну структуру процедури класифікації ситуацій в алгоритмах прийняття рішень.

Системи прямої дедукції в процедурах отримання нових знань з системи фактів $\tau_i(sitx_i)$ і правил їх опрацювання є основою $Alg(PRZ)$ - алгоритму розв'язання цільової задачі управління переходом системи в область допустимого режиму:

$$\begin{aligned} &\{\tau_1(sitx_i) \wedge \tau_2(sitx_j) \wedge \tau_j(sitx)\} Alg_{PRZ} \Rightarrow sitC \mapsto \\ &\mapsto \{Висновок \text{ про можливість досягнення цілі} \} \end{aligned}$$

При такому підході до розв'язання задачі можна виділити систему умовно-роздільних висновків які мають в своїй структурі імплікативно-диз'юнктивні посилення (дилеми) у вигляді [9].

Конструктивні дилеми, як підстава вибору рішень:

$$D^k(a) : \frac{A \Rightarrow C, B \Rightarrow C, A \vee B}{C}; \quad D^k(b) : \frac{A \Rightarrow C, B \Rightarrow D, A \vee B}{C \vee D}; \quad (4)$$

$$D^d(a) : \frac{C \Rightarrow A, C \Rightarrow B, \neg A \vee \neg B}{\neg C}; \quad D^d(b) : \frac{C \Rightarrow A, D \Rightarrow B, \neg A \vee \neg B}{\neg C \vee \neg D};$$

Для відображення динамічних ситуацій і формування управлінських дій використаємо елементи логіки дій вперше побудовано Вригтом [1951 р.] на основі числення предикатів дій [6] які відображають хід процесу управління .

Розглянемо базові елементи і логічні функціональні структури логіки дій.

Змінні задаються у вигляді алфавіту:

- $\{p, \dots, q\}$ - акціальні змінні родових дій;
- $\{x, \dots, y\}$ - агентні змінні над агентами індивідами дій;
- $\alpha[x]$ - атомарна акціональна формула;

Оператори елементарних висловлень – $M[S]x$;

Внутрішні зв'язки в логіці дій:

- \sim - внутрішнє заперечення;
- $\&$ - внутрішня кон'юнкція.

Атомарні формули логіки дій:

- $[\sim p]x$ – агент дії x не виконує дію p ;
- $[p \& q]x$ – агент x виконує дії p і q ;

Набір аксіом логіки дій включає всі аксіоми класичної логіки висловлень, а також специфічні аксіоми:

$$A_1^d : [\sim p]x \rightarrow \sim [p]x; \quad A_2^d : [\sim \sim p]x \leftrightarrow [p]x; \quad A_3^d : [p \& g]x \leftrightarrow [p]x \& [g]x;$$

$$A_4^d : [\sim (p \& g)]x \leftrightarrow [p \& \sim q]x \vee [\sim p \& g]x \vee [\sim p \& \sim q]x; \quad (5)$$

$$A_5^d : [p \vee \sim p]a \leftrightarrow \sim [\sim (p \vee \sim p)]a \text{ – тавтологія,}$$

Для оператора дій маємо наступні вирази щодо можливості дій (розрив в часі операцій):

$$p[x] \Rightarrow \tilde{M}[p]x \text{ - можливість дії;}$$

$$p[x] \Rightarrow M[\tilde{p}]x \text{ - утримання від дії;}$$

$$\tilde{M}[p]x \& \sim [\sim p]x \Rightarrow [p]x \text{ - доконана дія.}$$

На основі аксіоми виводимо наступні формули дій, як підставу формування команд управління:

$$[\sim p]x \Rightarrow \tilde{M}[p]x ;$$

$$[p]x \vee [\tilde{p}]x \Rightarrow \tilde{M}[p]x ;$$

$$\tilde{M}[p]x \Rightarrow [p]x \vee [p]x \vee [\tilde{p}]x ; \quad (6)$$

$$\tilde{M}[p]x \leftrightarrow [p \vee \sim p]x .$$

Тобто аксіоми і правильно побудовані формули логіки дій (ВрігТ) розкривають логічні зв'язки між діями, але не прив'язані до предметної області і часової осі, що вимагає свого доповнення введенням часового фактора (Т) і контрфактуального елемента (І), що дозволяє отримати правильно побудовані формули:

$$\{(A \& B) - n.n.\phi.\} \Rightarrow \{(AT B) - n.n.\phi.\};$$

$$\{(A \& B) - n.n.\phi.\} \Rightarrow \{(AI B) - n.n.\phi.\}; \quad (7)$$

та ввести наступні схеми аксіом для оператора часу дії Т на циклі управління.

$$\begin{aligned}
A(T_1) &: \{(p \vee q)T(r \vee S)\} \Leftrightarrow (pT r) \vee (pT s) \vee (gT r) \vee (gT s); \\
A(T_2) &: (pT g) \wedge (pT s) \Rightarrow (pT g \& s); \quad A(T_3) : (pT g \vee \sim g) \Leftrightarrow p; \\
A(T_4) &: \sim (pT g \& \sim g) \Leftrightarrow \sim p.
\end{aligned} \tag{8}$$

Інтерпретація виразу $(pT g)$ - має місце для p а потім g , а $(pI g) =$ має місце для p . Введення операторів $(T \text{ і } I)$ – вносить процес дискретизації часу на часовій осі.

Важливим моментом в теорії логіки дій є введення деревовидного універсуму (концепції, категорії) як дерева рішень гри, на основі n -місних деревовидних відношень досяжимості мети. В типовій ситуації дії ЛППР або (SU) системи керування має можливість вибору альтернативи, тобто на перше місце виступає процедура вибору як елемент стратегії досягнення цільової позиції.

Тоді формально процедуру вибору можна зобразити у вигляді інформаційно-логічної послідовності:

$$\{ \exists \text{Strat} (U_V | C_i); \exists G: \text{Proc } U_V (G_i : h_i \rightarrow g_i); \} \rightarrow$$

то дерево вибору буде: $g_0 : \{h_1, h_2, \dots, h_n\} \xrightarrow{G(h_i, g_i)} \{q_1, \dots, q_n\}$; тоді відповідно стратегія визначає набір управляючих дій з вибору альтернатив:

$$\langle \exists \text{Stat}(U_V | C_i) : E_g \left\{ U_V : q_o \xrightarrow{h_i} q_i \rightarrow \dots \xrightarrow{h_c} g_c \in Vc_i \right\} \rangle,$$

тоді дерево розв'язків матиме вигляд (рис. 2).

Введемо згідно [5] формальну процедуру побудови скінченного дерева постійної довжини ввівши логічну структуру у вигляді логічного предиката

$$D[T_r] \equiv \langle Q, q_0, R, k, rn, T \rangle$$

де маємо наступні означення:

- Q - непуста скінчена множина елементів, які визначають ситуацію в просторі станів об'єкта управління;
- q_0 - початкова ситуація в динамічній системі;
- R - ірелексивне відношення бінарне на Q для якого маємо наступні властивості:

$$\exists q \in Q : qRq_0; \quad \forall q \in Q, \exists q' \in Q : q'Rq; \quad \forall q \in Q, \exists \{q_0, q_1, \dots, q_n\} : q_{i-1}Rg_i;$$

- k - довжина скінченного дерева дій;
- rn - часовий ранг ситуації для якого маємо характерні властивості:
 $\forall q \in Q; \exists rn(q) : (1 \leq rn(q) \leq k); (rn(q_0) = 1);$
 $\forall q, q' \in Q; (qRq') \Rightarrow rn(q') = rn(q) + 1; \quad \forall q \in Q : rn(q) = k \dots T \dots T \dots R(q) = 0;$
 $R(q) = \{q' \in Q | qRq'\}$, де $R(q)$ визначає кінцеву ситуацію.

- $T = \{\overset{\Delta}{rn}(q) | q \in Q\}$ - часовий відрізок дерева рішень.

Ввівши моделі ходу подій в системі маємо $\left[\frac{W \in Q^T | D(T_r)}{\text{Strat R Sit } c_i} \right]$ модель

можливої стратегії розвитку ситуації на дереві рішень $D[T_r]$, тоді $[W_{\pi i}]_{i=1}^m$ визначає множину допустимих шляхів розвитку ситуацій на дереві $D[T_r]$.

Відповідно до запрограмованої множини допустимих шляхів розвитку ситуації від дерева рішень будуємо схему дерева переходів при зміні станів об'єкта управління яка має наступні елементи і процедури (рис. 2):

- будується простір станів системи управління і активного об'єкта (ΠS_{AS});
- проектується лінії граничних і нормальних режимів (L_U^+, L_U^-) і (L_A^+, L_A^-) в простір станів з ранговою схемою розбиття параметра стану;
- визначається смуга допустимих станів і формується цільовий простір на основі проекції $\Pi R(L_A, L_U) \rightarrow \Pi S_{AS}(R_Z \times T_m, z_0, L_U^+, L_U^-)$;
- будується схема термінальна формування команд управління АОУ;
- будується рангована модель набору функцій належності $\{\mu_x(I_{x_i} |_{i=1}^m)\}$, які визначають результат прогнозу можливого (допустимого стану об'єкта управління);
- згідно процедури декомпозиції стратегії управління на локальні тактики і команди на цикли термінального управління T_{ri} формується схема дерева переходів як локальна структура в дереві рішень.

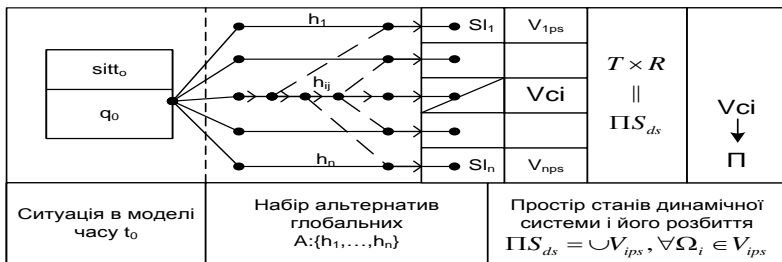


Рис. 2. Схема побудови ціле орієнтованого дерева рішень

Схема побудови дерева рішень в ранговому просторі станів (рис. 3) об'єкт $C_{\chi t_i}$ - ситуація в об'єкті, t_{ri} - час зміни ситуації, Rep (Rang) – ранговий класифікатор.

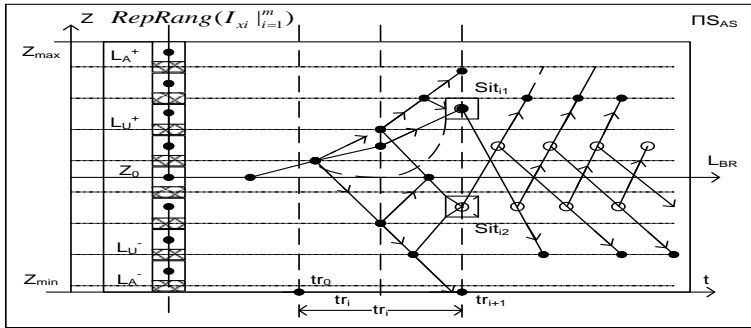


Рис. 3. Схема розбиття інтервалів стану системи

Позначення на схемі: (Z_{min}, Z_{max}) - максимальне і мінімальне значення параметрів

станів, $\begin{pmatrix} = & \pm & - & - \\ L & L & Z & L \\ A & 4 & 0 & 4 \\ & & & a \end{pmatrix}$ - параметричні лінії границь режиму об'єкта.

Виходячи з рис (1-3) та позицій (1-10) побудуємо схему термінальних переходів, які відбуваються під дією команд ціле орієнтованого управління згідно стратегії досягнення цільової області в просторі цілей та станів енергоактивної системи в структурі техногенної розподіленою ієрархією. (рис.4).

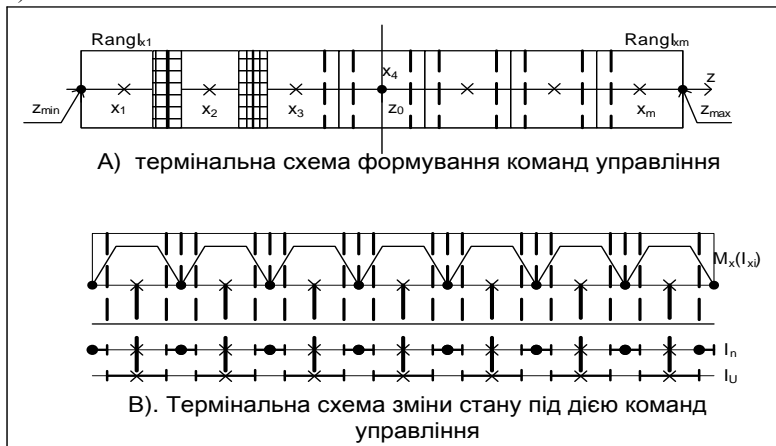


Рис.4. Схема термінальних переходів при виконанні команд управління

Виходячи з концепції активності і ціле орієнтації [1-7] сформовано на підставі рис. (1-4). Логіки дій (1-10) розроблено функціональну структурну схему з ієрархією управління (рівні (1-13) – цілеспрямованої системи, яка виконує своє призначення в умовах дії загроз.

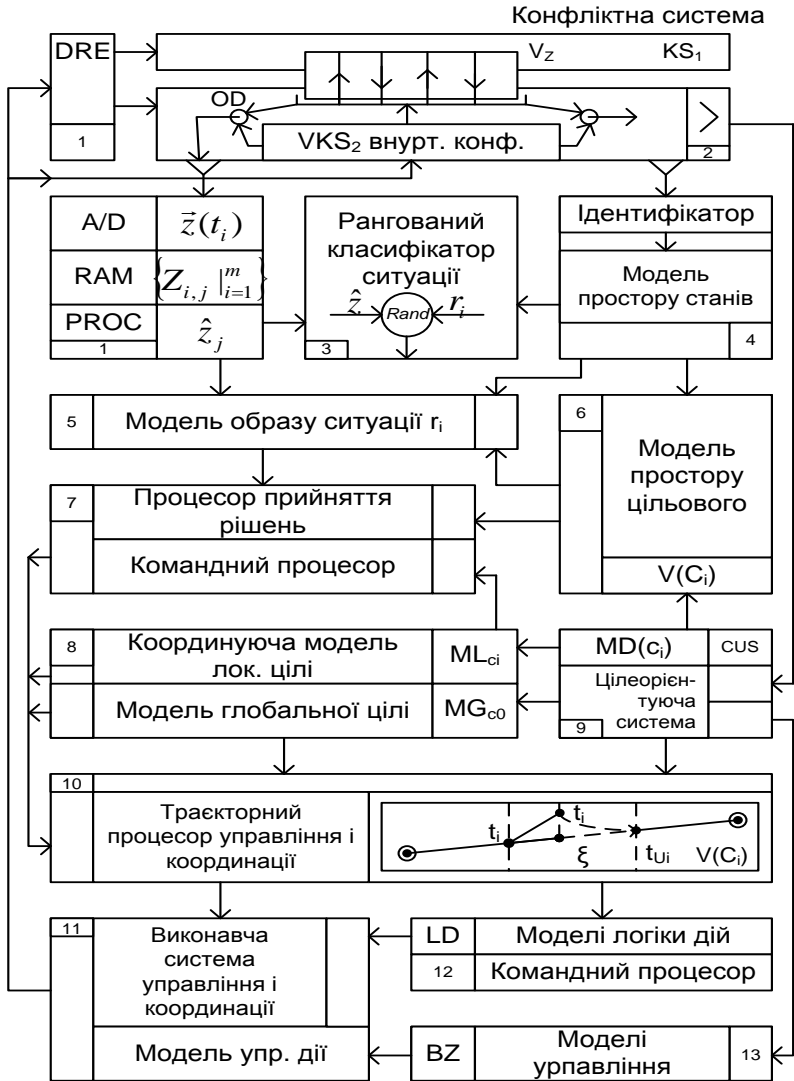


Рис. 5. Функціональна структурна схема активної цілеспрямованої системи стійкої до збурень

На основі запропонованої схеми розв'язання задачі ситуаційного управління будемо структурну схему активної цілеспрямованої системи, яка включає:

- цілеорієнтовану систему CUS (9);
- інформаційне забезпечення – модель простору станів (4), модель цільового простору (6), модель глобальної і локальної цілі (8), модель образу ситуації (5), моделі логіки дій (12), модель управляючих дій (13), ІВС (3);
- управляючу структуру: процесор прийняття рішень (7), траєкторний процесор управління (10), виконавчу систему управління і координації руху (11);
- об'єкт управління з джерелами ресурсів енергії (2,1).

Відповідно така схема може бути основою технології проектування апаратного і програмного забезпечення інтелектуальних систем активного цілеспрямованого управління, яка техногенними, так і організаційними та адміністративними з ієрархічною структурою.

Висновок

На основі запропонованого підходу, з використання логіки дій та теорії ситуаційного управління, розроблено моделі структури систем активного управління технологічними процесами в умовах дії на об'єкти динамічних збурень.

1. *Обработка нечёткой информации в системах принятия решений / ред. Борисов А.Н.* – М. Радио и связь., 1989. – 304 с.
2. *Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / ред. Поспелов Д.А.* – М. Наука. 1986. – 312 с.
3. *Медиковський М.О., Сікора Л.С.* Автоматизація керування енергоактивними об'єктами при обмежених ресурсах – Л. ДНДІ. 2002. – 298 с.
4. *Акоф П. Эмериш.* О целеустремлённых системах . – М. Сов. радио. 1974. – 272 с.
5. *Теория прогнозирования и принятия решений / ред. Саринсян С.А..* – М.: Высш. Школа. – 1977.- 351с.
6. *Фишберг П.* Теория полезностей для принятия решений. – М.: Наука. – 1978.- 352с.
7. *Зайцев В.С.* Системный анализ оператской деятельности. – М.: Радио и связь. – 1990. – 412 с.
8. *Олесюк О.С.* Системи підтримки прийняття рішень на макрорівні. – К.: Наук. Думка. 1992. – 257с.
9. *Юринець Є.В. Юринець Р.В.* Автоматизовані інформаційні системи і технології. – Львів. Вид ЛНУ ім. Ів. Франка. 2012. – 698с.
10. *Паклин Н., Орешков В.* Бизнес – аналітика. К.: Наук. Думка. 1992. – 457с.
11. *Сікора Л., Стрєпо І. Т., Лиса Н.К., Федина Б.І.* Інформаційні технології відбору і опрацювання даних від об'єктів з агрегованою структурою / Комп'ютерні технології друкарства. №1 (37) – Львів, УАД. 2017. – с.15-20.

<http://doi.org/10.5281/zenodo.3859681>

Поступила 26.09.2019р.