

Л. С. Сікора, Н. К. Лиса, Ю. Г. Міюшкович, Р. С. Марцишин

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

ЛОГІКО-КОГНІТИВНІ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СТРУКТУРИ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ У КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЯХ

Наведено схеми і моделі для підтримки прийняття рішень для ліквідації загроз під час надзвичайних ситуацій в ієрархічних системах. Побудова схем і моделей відбувалась на підставі інформаційних і системних технологій (на підставі концепції ідентифікації). У сучасних технологічних виробництвах зі складною ієрархічною структурою причинами виникнення надзвичайної ситуації можуть бути збої, перешкоди, неполадки (як в інформаційно-управлінських структурах, так і у виробничих агрегатах, а також у разі порушення технологій).

У разі виникнення помилок (які можуть бути допущені в процесі аналізу граничної ситуації або аварійної ситуації) та неправильних рішень динаміка розвитку подій матиме катастрофічні наслідки. Для недопущення розвитку подій за таким сценарієм, оперативний і технічний персонал повинен володіти відповідним рівнем систематизованих знань. Це дає змогу персоналу ідентифікувати джерела небезпек та фактори впливу, будувати причинно-наслідкові зв'язки. Це стає основою аналізу стану потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) в ієрархічній структурі системи. Цей системно-інформаційний базис необхідний для побудови сценаріїв розвитку подій, виявлення вузьких місць і прийняття рішень в умовах ліквідації загроз і аварійних станів командою оперативного управління. Для складних структур техногенних систем проблему ідентифікації (як динаміки так і взаємозв'язків агрегатів) повною мірою не розв'язано. Це вимагає розроблення нових методів з урахуванням поведінки людини.

Сучасне виробництво – це складні інтегровані людино-машинні керовані системи та стратегії управління (які внесено як у структуру АСУ, так і в базу знань і професійних навиків людини-оператора). Характерною ознакою таких систем є розподіл інформаційного навантаження відповідно до цільових задач. Це вимагає опрацювання потоків даних різної інформаційної значущості, виявлення характерних ознак поведінки системи відносно цілі, формування рішень для координації руху системи в напрямку цільової області. Ці процеси і процедури прийняття рішень підвищують психічну напруженість оператора. Це може призвести до прийняття рішень з не виправданим ризиком. Тобто, згідно з ситуацією, зростає ціна помилки. Саму це формує комплекс вимог до оператора: як до рівня його інтелектуальної готовності, так і до його психофізіологічних характеристик.

Ключові слова: інформація; система; структура; ризик; потенційно небезпечні об'єкти.

Вступ

Сучасне виробництво – це складні інтегровані людино-машинні керовані системи, стратегії управління, які внесено як у структуру АСУ, так і в базу знань і професійних навиків людини-оператора. В ієрархії системи на людину-оператора покладаються такі задачі [1], [17], [25], [26]:

- контроль динамічного стану ресурсних та енергоактивних об'єктів;
- формування координаційних дій для підтримки цільового функціонування системи при дії факторів впливу на ресурсні, інформаційні потоки, управлінські дії на енергоактивні об'єкти;
- управління та регулювання технологічними процесами в нормальних режимах і надзвичайних ситуаціях, спричинені загрозами і конфліктами.

Оператор у таких системах стає інтегральним інтелектуальним блоком процесора управління, від якого залежить надійність функціонування системи [53]. Характерною ознакою таких систем є розподіл інформаційного навантаження згідно з цільовими завданнями, що вимагає опрацювання потоків даних різної інформаційної значущості, виявлення характерних ознак поведінки, системи відносно цілі, формування рішень для

координації руху системи в напрямку цільової області [9], [30], [50], [57]. Ці процеси і процедури прийняття рішень підвищують психічну напруженість оператора, а це може призвести до прийняття рішень з не виправданим ризиком. Тобто, відповідно до ситуації, зростає ціна помилки, а це формує комплекс вимог до оператора: як до рівня його інтелектуальної готовності, так і до його психофізіологічних характеристик [31], [42].

Актуальність вирішення проблеми. У сучасних виробництвах зі складною ієрархічною структурою причинами виникнення надзвичайної ситуації можуть бути збої, перешкоди, неполадки як в інформаційно-управлінських структурах, так і у виробничих агрегатах та за порушення технологій [33], [55].

У разі виникнення помилок, які можуть бути в процесі аналізу граничної або аварійної ситуації, та неправильних рішень, динаміка розвитку подій матиме катастрофічні наслідки. Для недопущення розвитку подій за таким сценарієм, оперативний і технічний персонал повинен володіти відповідним рівнем систематизованих знань, щоб ідентифікувати джерела небезпек та фактори впливу, будувати причинно-наслідкові зв'язки – основу аналізу стану потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) в ієрархічній структурі системи [18], [35]. Цей

системно-інформаційний базис необхідний для побудови сценаріїв розвитку подій, виявлення вузьких місць і прийняття рішень в умовах ліквідації загроз і аварійних станів командою оперативного управління. Для складних структур техногенних систем проблема ідентифікації як динаміки так і взаємозв'язків агрегатів повною мірою не розв'язано, що вимагає розроблення нових методів з урахуванням поведінки людини [3], [15], [36].

Найважливішим ефективним фактором роботи оператора в інтегрованих системах є рівень інтелекту, як основного елементу процесу коректного сприйняття й опрацювання потоку даних і образів ситуацій за умови ризику при невідповідному їй трактуванні змісту, це приводить до аварійних рішень [44].

Новизна дослідження. На підставі інтеграції методів системного аналізу, інформаційних технологій, когнітивної психології розроблено основи методу ідентифікації оператором виникнення надзвичайних ситуацій у техногенних системах за дії активних факторів впливу на ресурсну і інформаційну структури об'єктів та процеси управління.

Постановка завдання дослідження. Оперативний і технічний персонал за рівнем підготовки повинен мати навички побудови структурних схем зв'язків, проведення декомпозиції блоків і агрегатів, технологічних ліній і функціональних вузлів, навички визначення їхніх критичних параметрів та вміння будувати плани дій у нормальних і аварійних умовах на підставі системних та інформаційних технологій [45], [48]. В іншому випадку він буде нездатний приймати правильні управлінські рішення.

Об'єкт дослідження – методи і моделі подання структури техногенної системи для ідентифікації її організації і виявлення кризових аварійно небезпечних вузлів.

Предмет дослідження – процеси опрацювання різномірних даних про структуру і динаміку агрегатів і блоків енергоактивних техногенних систем з урахуванням когнітивних характеристик персоналу системи управління.

Мета дослідження розроблення логіко-когнітивних моделей з використанням системного аналізу й інформаційних технологій для ідентифікації структури і динаміки ієрархічних техногенних систем як основи процесу управління.

Методи дослідження – для виявлення структурних особливостей використано системний аналіз, динаміки поведінки і відбору даних, інформаційні технології, для оцінювання дій персоналу – методи когнітивної психології, для виявлення структури техногенної системи – теорію ідентифікації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У працях [2], [44], [54] розглянуто методи ситуаційного управління, системологію прийняття рішень, методи моделювання виробничих процесів і систем, потокові технологічні системи, математичні моделі в управлінні виробництвом.

У працях [38], [39], [40], [43] подано методи побудови систем контролю виробничих процесів, вибір варіантів рішень для реалізації стратегій управління. Проблеми оперативного управління розглянуто у роботах [4], [19], [33], [51], [53], а також процедури прийняття рішень. Методи і моделі когнітивної психології для оці-

нювання процесів оперативного мислення людини розглянуто у працях [8], [32], [58].

Як впливає з огляду проблемну задачу ідентифікації структури ієрархічних систем [19] та динаміки процесів [36] повною мірою не розв'язано, оскільки вона не враховує інтелект людини-оператора у прийнятті рішень в екстремальних умовах [16], [33], [56], [58], що і підкреслює актуальність проблеми ідентифікації кризових ситуацій в ієрархії системи [23], [59].

У роботах [28], [29], [36], [44], [52] розглянуто системні і логіко-когнітивні аспекти управління у складних системах. У колективних працях [5], [6], [35], [41] розглянуто за період 1973-1991 рр. комплекс проблем, методів аналізу й ідентифікації, моделювання систем на високому науковому і методичному рівнях, зокрема:

- система, як об'єкт дослідження, теорія моделювання;
- системний аналіз і теорія прийняття рішень;
- сучасна алгебраїчна теорія систем;
- технології системного моделювання;
- аналіз динаміки і структури системи;
- теорія ієрархічних систем управління та загальна математична теорія систем;
- сучасні методи ідентифікації систем та категорний аналіз структур;
- моделі стаціонарних, нелінійних, стохастичних систем і методи їх ідентифікації;
- оперативна ідентифікація об'єктів управління.

Ці підходи, методи і теорії, системний аналіз закладає основу проектування сучасних систем управління, аналізу динаміки, синтезу структури та розв'язання проблем управління складними об'єктами та техногенними комплексами [46], [47].

Умовою безперебійного та ефективного функціонування складних систем в екстремальних умовах є сформовані та логічно впорядковані знання предметної області в когнітивній структурі нейросистеми оперативного персоналу та навички користування ними за несприятливих умов трудової діяльності [33], [44], [55]. Для вирішення цієї задачі потрібно розробити концепцію структуризації знань для процедури ідентифікації (рис. 1) [6], [22].

На цьому рисунку введено такі основні позначення: V_a^i – область активного впливу; AC_i – активатор дії; AV_i – джерело активного впливу; $StrstIAU$ – стратегічний інтелектуальний агент управління; CH_{ou} – комплексна інтегрована інтелектуальна система управління об'єктом; $StruktOU$ – структура об'єкта управління; $Agent(StrOU_i)$ – агент впливу; $(R_1 \div R_7)$ – рівні структурної ієрархії; $\{F_1 \div F_3\}$ – фактори інформаційних загроз; IA – інтелектуальний агент [24].

Декомпозиція процедури ідентифікації структури системи

1. Структурні з'єднання, автономність і декомпозиція систем. Важливою задачею застосування теорії систем та інформаційних технологій є дослідження великомасштабних систем з ієрархічною структурою їх організації, яку можна розглядати як сімейство пов'язаних підсистем для реалізації цільових завдань. З цих позицій теорія систем вивчає структуру як цілісність, що забезпечує досягнення мети [33], [42], [53]. Відповідно, всі підсистеми пов'язані через оператори з'єднан-

ня, що забезпечує цілісність функціональної системи і визначає роль кожної підструктури у структурі системи та її цілеспрямовану поведінку [28], [56]. Це вимагає пе-

регляду класичної теорії САР з використанням системного аналізу і когнітивної теорії управління [20], [21].

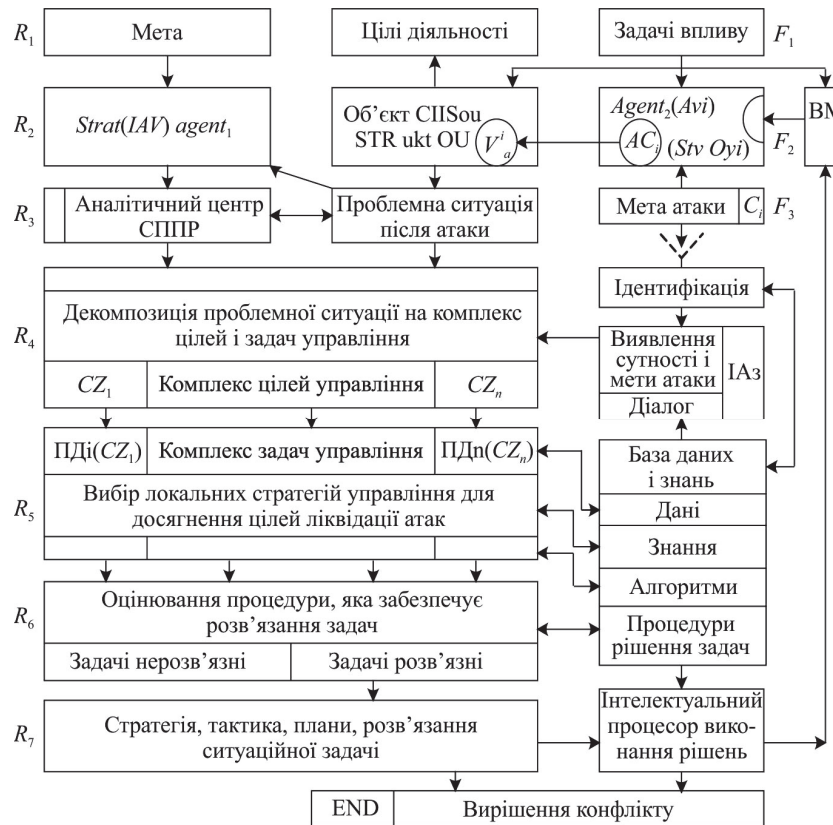


Рис. 1. Структура техногенної системи з ієрархічною організацією управління

Розглянемо підходи до виявлення та опису структури системи ієрархією.

Означення 1. Узагальнена система $S_i \subset X_i \times Y_i$ з об'єктами $X_i = \otimes \{X_{i,j}, j \in Ix_i\}$ та $Y_i = \otimes \{Y_{i,j}, j \in Iy_i\}$ на компонентних множинах $V = (V_{i1} \times \dots \times V_{in})$ і $\bar{V}_i = \{V_{i1}, \dots, V_{in}\}$ утворює структуру з множиною $\{X_i\}$, якщо може утворювати з'єднання. $(X_{ij} \in Zx_i), \{X_i\} = \otimes \{X_{ij} : X_{ij} \in \bar{X}_i\}$ – вхід, відповідно маємо такий вихідний об'єкт системи $Zy_i = \otimes \{y_{ij} : y_{ij} \in \bar{y}_i\}$.

Для кожної системи $S_i \subset X_i \times Y_i$ існує багато типів з'єднань

$$(S_i = X_i \times Y_i) \rightarrow \{Si_z : (X_i^x \times Zx_i) \times (Y_i^x \times Zy_i)\}_{i=1}^m, \quad (1)$$

які відрізняються наборами (Zx_i, Zy_i) згідно зі структурною організацією [37], [7].

Модель каскадної структури системи можна визначити як клас з'єднаних систем у вигляді каскаду блоків, агрегатів, підструктур:

$$\bar{S}_z = \{Si_z : Si_z \subset (X_i^x \times Zx_i) \times (Y_i^x \times Zy_i)\} \quad (2)$$

та операцію виду $o \bar{S}_z \times \bar{S}_z \rightarrow \bar{S}_z$, яка визначає композицію: $S_1 o S_2 = S_3$, де:

$$S_1 \subset X_1 \times (Y_1^x \times Zx_1); S_2 \subset (X_2^x \times Zy_2) \times Y_2; \quad (3)$$

$$S_3 \subset (X_1 \times X_2^x) \times (Y_1^x \times Y_2).$$

Маємо каскадне подання: $|x \rightarrow y \rightarrow Z \in S_3$ з відповідним поданням у просторі станів утвореної структури:

$$((X_1, X_2), (Y_1, Y_2)) \in S_3 \Leftrightarrow \exists z((x_1, y_1, z)) \in S_1((x_2, z), y_2) \in S_2 \quad (4)$$

Означення 2. Паралельна структура задається компонентами з операцією, яка відображає прямий добуток підсистем: $\bar{S}_z \times \bar{S}_z \rightarrow \bar{S}_z$ за допомогою операції (\oplus) паралельного з'єднання у вигляді: $(S_1 \oplus S_2 \rightarrow S_3)$. Якщо маємо дві елементарні підструктури (S_1, S_2) із заданими просторами станів, режимів, цільових

$$\{II_S, II_R, II_C\} \exists (II_S, II_R, II_C)\{S_i\} : \quad (5)$$

$$S_1 \subset (X_1^x \times Zx_1) \times Y_1, S_2 \subset (X_2 \times Zx_2) \times Y_2,$$

то паралельна структура, подана через (S_1, S_2) , має такий вигляд:

$$S_3 \subset (X_1^x \times X_2^x \times Z) \times (Y_1 \times Y_2), Zx_1 = Zx_2 = Z, \quad (6)$$

$$\left(\begin{array}{l} ((x_1, x_1, z), (y_1, y_1)) \in S_3 \Leftrightarrow \\ ((x_1, z), y_1) \in S_1 \& ((x_2, z), y_2) \in S_2 \end{array} \right).$$

Згідно з виразами (1)-(6), побудуємо схему декомпозиції (рис. 2) організаційної і технологічної структури техногенної системи [7], [49].

Подальше дослідження вимагає введення означень структурних знань.

Означення 3. Відображення $F : Sz \rightarrow Sz$ називають замиканням зворотного зв'язку, якщо виконується умова динамічних і структурних зв'язків у системі з ієрархією (див. рис. 2).

$$Z(S_1) = S_2, S_1 \subset (X^x \times Zx) \times (Y^x \times Zy), S_2 \subset X^x \times Y^x, \quad (7)$$

$$Zx = Zy = Z, ((x, y) \in S_2 \Leftrightarrow \exists z((x, z), (y, z)) \in S_1).$$

Відповідно до базової структури мають вигляд (див. рис. 1) [2], [31], при цьому здійснюється перехід послідовної декомпозиції ієрархічної системи. Такий підхід забезпечує перехід від структури ПС до елементарних

функціональних схем (див. рис. 2). Для подальшого опису структури введемо системний опис структурної організації [7], [49].

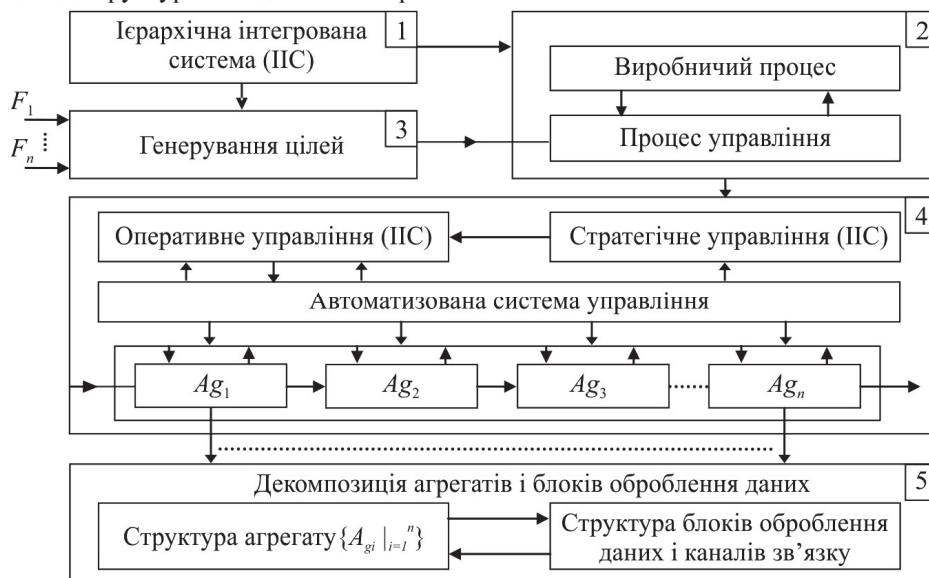


Рис. 2. Схема послідовної декомпозиції інтелектуальної ієрархічної енергоактивної системи управління (ПС)

2. Математичний і системний апарати опису структур складних систем. Розглянемо такі основні означення.

Означення 4. Підсистемою S' системи S буде будь-яка підмножина $S' \subset X \times Y$, а елементом систем – набір відповідно зв'язаних компонент, за якими можна відновити систему S , $S = (S_1 \dots S_n)$.

Означення 5. Декомпозицією системи S буде набір $(S_1, S_2 \dots S_n)$, для якого $S = (S_1 + S_2 + \dots + S_n)$ і $X = (X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n)$, $Y = (Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n)$, – компоненти системи.

Функціональні зв'язки у системі описують за допомогою операторів.

2.1. Оператор проектування у структурі системи має вигляд згідно з виразом (1). Для двох заданих систем $S_1 \subset X_1 \times Y_1$ і $S_2 \subset X_2 \times Y_2$ вводиться оператор проектування, який має вигляд композиції підструктур:

$$\begin{aligned} \Pi_1 : (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2) &\rightarrow (X_1 \times Y_1), \\ \Pi_2 : (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2) &\rightarrow (X_2 \times Y_2). \end{aligned} \quad (8)$$

Тоді можна провести незалежну декомпозицію S на дві підсистеми незв'язаного виду, що необхідно для побудови процедури ідентифікації в ієрархії (див. рис. 1) з узгодженням у просторі режимів і станів. Якщо:

$$\begin{aligned} S &\subset (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2), \\ \Pi S_1 &\subset \Pi S_2, S_1 = \Pi_1(S) \text{ і } S_2 = \Pi_2(S), \\ \Pi R_1 &\subset \Pi R_2, \Pi_1 : (X_1, X_2, Y_1, Y_2) = (X_1 \times Y_1), \\ \Pi_2 : (X_1, X_2, Y_1, Y_2) &\rightarrow (X_2 \times Y_2), \end{aligned}$$

то система структурується з просторами станів, які відображають динаміку поведінки агрегатів, блоків і їх композицію.

2.2. Оператор каскадної декомпозиції систем. Будь-яка система $S \subset X \times Y$ допускає декомпозицію у вигляді каскадної структури, якщо виконуються умови [31], [33] узгодження ресурсних і інформаційних зв'яз-

ків між агрегатами та блоками, як всередині певного рівня ієрархії, так і між рівнями ієрархії – від агрегатного рівня до рівня оперативного та стратегічного включно із системою генерації локальних і глобальних цілей.

Для проведення процедури ідентифікації виділимо базові (еталонні) функціональні компоненти:

1. Елементарні одно- і двоходові структури пасивного типу.
2. Структури з перетворенням ресурсів (пасивні та активні).
3. Композиція активних структур.
4. Базова структура регулювання із зворотнім зв'язком за інформаційним сигналом.
5. Енергоактивні структури із зворотнім зв'язком інформаційного і ресурсного типу.
6. Структури функціонального перетворення сигналів про стан об'єкта управління.
7. Блок інформаційного оброблення даних (сенсори, нормалізатори, алгоритми, класифікатори ситуацій у просторі станів об'єкта).
8. Система прийняття рішень (оцінювання ситуації відносно цільової області управління).

Відповідно до цільового завдання виконується опрацювання потоків даних згідно з діаграмами управляючих перетворень:

$$\forall t, x(t) \in \Rightarrow \begin{aligned} ((x, x') \in E_x) &\Leftrightarrow S(x) = S(x'), \\ ((y, y') \in E_y) &\Leftrightarrow (y)S = (y')S, \end{aligned} \quad (10)$$

з канонічними відображеннями перетворень у вигляді ланцюга:

$$\left(x \rightarrow [S] \rightarrow y \right) \rightarrow \left(x \rightarrow [Y_x] \xrightarrow{x/E_x} [S'] \xrightarrow{y/E_y} [Y_y^{-1}] \rightarrow y \right),$$

де координати перетворення параметрів стану будуть мати таке подання:

$$Y_x : X \rightarrow \frac{X}{E_x}, Y_y : Y \rightarrow \frac{Y}{E_y},$$

де $([y], y) \in Y_y^{-1} \Leftrightarrow [y] = Y_y(y)$ – визначають перетворення параметрів просторів стану системи S .

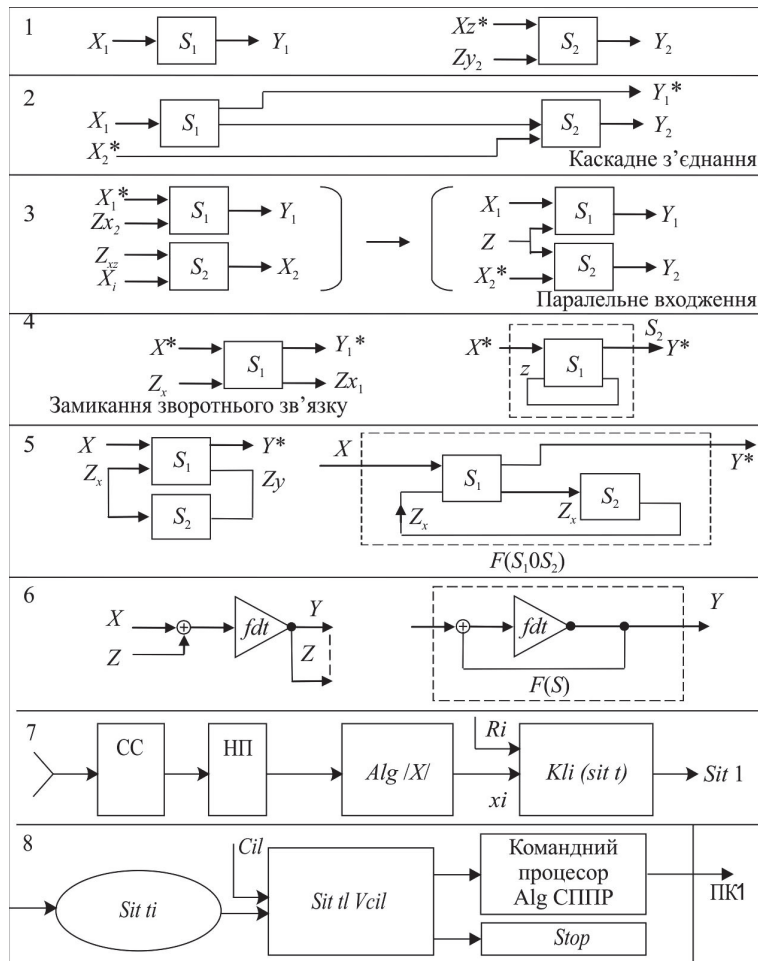


Рис. 3. Базові з'єднання елементарних функціональних схем, які є базовими для побудови процедури ідентифікації структури агрегатів, блоків, підсистем

3. Автономність функціональних систем, які входять у структуру ієрархічної організації цілеспрямованої інтелектуальної системи. В інформаційному сенсі прийняття рішень в автономному функціонуванні системи досягається введенням зворотного зв'язку, що забезпечує логічну структуру процесу прийняття рішень. Логіка прийняття рішень ґрунтується на [44], [53], [55]:

- виявленні розходження реальної і цільової траєкторії у просторі станів;
- оцінці ступеня розходження цільової і режимної траєкторій;
- класифікації розходження траєкторій, яка ґрунтується на розбитті простору цілей на альтернативні області з оцінкою терміну досягнення;
- оцінюванні ситуації згідно з класифікацією та синтезом управляючих дій, згідно з визначеними стратегіями досягнення мети, що забезпечує вихід в цільову область.

Розглянемо деякі аспекти функціональності систем з ієрархією.

3.1. Концепція функціональності Месаровича. Спочатку розглянемо систему $S \subset (X \times Z_3) \times (Y_1 \times Z_4)$ [2], в ланці зворотного зв'язку якої включено елемент $S_f \subset (Z_y \times Z_x)$. Відповідно, для системи виконується умова $[(X, Z_x, Y, Z_y) \in S] \Rightarrow [Y = Z_y], Z_y \in Z_y \subset Y$, а система визначена в просторі встановлених дій. Згідно з концепцією функціональності, будуюмо структуру системи зі зворотним зв'язком має вигляд (рис. 4).

Функціональна структура системи має підструктури:

- вхідна підструктура, яка містить канали подачі ресурсів $\{IRR(x_i)\}$ та управлінських команд $\{Z_{ux}\}$, блоку порівняння стану (режиму) згідно з оцінкою ситуації системою зворотного зв'язку;
- об'єкт управління з енергоактивною структурою і заданим режимом функціонування;
- вихідна структура відбору ресурсів і контролю режимів активних функціональних перетворень;
- система відбору та оброблення даних у каналі зворотного зв'язку, яка виконує оцінку динамічної ситуації в об'єкті.

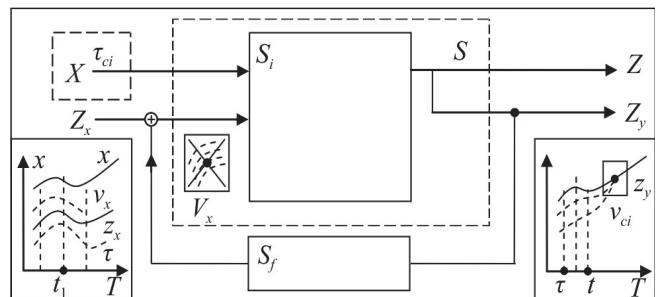


Рис. 4. Структура системи зі зворотним зв'язком

Визначимо додаткові властивості систем зі зворотним зв'язком згідно з даними роботи [2]:

A1. Функціональна система $F_s(S_f): X \rightarrow Y$ взаємно однозначна, якщо виконується: умова цільової функціональності $(F_{ci}): [\exists S_f: (Y \rightarrow Z_x) \Rightarrow (S_f \vartheta F_s(S_f))]$ – фун-

кціональність; $((X, Z, Y) \in S) \vartheta((X', Z, Y) \in Z) \Rightarrow (X = X')$ – однозначність.

A2. Система $S \subset (X_1, x, \dots, x, X_n)$ – функціонально керована, якщо виконується умова

$$(\forall y \in Y)(\exists x \in X)((x, y) \in S).$$

A3. Багатомірна система буде автономною внаслідок замикання зворотного зв'язку тільки тоді, якщо виконується:

$$\begin{aligned} \forall S(S \subset (X_1, \dots, X_n) \times Z_x \times (Y_1, \dots, Y_n)), \\ \exists S_f(S_f \subset (Y_1, \dots, Y_n) \times Z_x), \\ F(S_0 \odot S_f) = (S_1 + S_2 + \dots + S_n), \end{aligned} \quad (11)$$

де $S_i \subset (X_i \times Y_i)$ – функціонально керовані у просторі станів та цільовому просторі.

Поняття автономності означає, що після введення зворотного зв'язку кожен компонент вихідного сигналу $\{y_i\}$ може бути змінений тільки після зміни вхідної дії $\{x_i\}$, при цьому на виході $(y_i, j \neq i)$ управляюча дія не впливає [42].

Функціональна керованість системи означає, що вибрана вхідна управляюча дія $(X / U / \text{Start } U(C_i))$, згідно зі стратегією цільового управління може вивести систему в цільову область (V_{Ci}) , тобто

$$\exists \text{Start } (U_i / C_i); \exists X \equiv U_i; U_i : X \rightarrow Y_i \in V_{Ci}.$$

Автономність функціонування системи. Якщо S – багатомірна функціональна система, де

$$\begin{aligned} S : (X_x Z_x) \rightarrow Y, X = (X_1 \times \dots \times X_n) \text{ і} \\ Z_x = (Z_{x1} \times \dots \times Z_{xn}), Y = (Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n), \end{aligned}$$

то існує зворотний зв'язок, заданий у вигляді структури S_f , тоді вона автономна і набуває вигляду:

$$(\forall y \in Y)(\exists(X \times X_x)); (X \times Z_x) \Rightarrow (y = S(x, z)),$$

де $S_f : Y \rightarrow Z_x$ – підструктура, яка забезпечує автономність системи. Для реалізації операції змішання вхідного сигналу із сигналом зворотного зв'язку вводиться елемент H , який є операцією $A_H(+, -, K_n)$ позитивного і негативного зв'язку та реалізує вхідний каскад системи зі зворотним зв'язком (рис. 5), що забезпечує виявлення процесу зміни траєкторії при дії факторів впливу на систему.

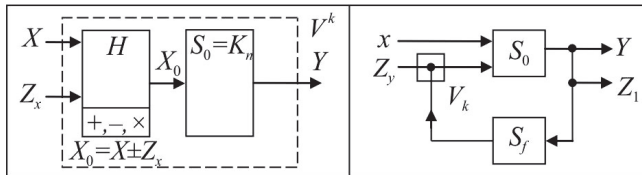


Рис. 5. Структура системи зі зворотним зв'язком

Під час оцінювання динаміки системи ідентифікуємо фактори впливу при проходженні потоків ресурсів даних, при цьому виконується умова для взаємних перетворень:

$$\begin{aligned} (\forall x \in X, \forall x_0 \in X_0, \exists z \in Z_x) : [X_0 = H(x, z)], \\ [H(x, z) = H(x', z)] \Rightarrow (x = x'), [H(x, z) = H(x, z')] \Rightarrow (z = z'), \\ \forall \hat{y}, \exists(\hat{x}, \hat{z}) : (\hat{y} = (H \odot S_0)(\hat{x}, \hat{z})), \forall \hat{y}, \exists(\hat{X}_0) : (\hat{y} = S_0(\hat{X}_0)). \end{aligned} \quad (12)$$

3.2. Термінальні динамічні системи. Термінальні динамічні T_m -системи функціональні і за рахунок внут-

рішнього вироблення управляючих дій, визначаються на підставі подання у вигляді логічної структури

$$\forall t, \forall x, \hat{X}, \left(\frac{X}{\bar{T}^t} = \frac{\hat{X}}{\bar{T}^t} \right) \Rightarrow \left(\frac{S_0(x)}{\bar{T}^t} = \frac{S_0(\hat{x})}{\bar{T}^t} \right),$$

тобто (S_0/\bar{T}^t) – система функціональна $\forall t \in \bar{T}^t$.

Для таких систем однозначність функціональності визначається згідно з такою умовою: якщо $\exists S, S \subset (x \times Z_x) \times Y$ – система, то $\exists S_f, S_f \subset (Y \times Z_x) \vartheta F(S \odot S_f) = F_s(S_f)$ – є функціональною і неупередженою, тоді:

$$\forall z \in T,$$

$$\begin{aligned} (\exists(x, y, z) \in S) \vartheta((\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) \in S) \vartheta((z, y) | \bar{T}^z = (\hat{z}, \hat{y}) | \bar{T}^t) \Rightarrow \\ \Rightarrow (x | \bar{T}^t = \hat{x} | \bar{T}^t) \end{aligned}$$

і система $F_s(S_f) | \bar{T}^t$ – однозначно функціональна.

Для ієрархічних систем умова однозначного функціонування всіх систем забезпечує функціональну стійкість структури, в разі порушення таких умов у системі виникають граничні й аварійні режими, структурний розвал, втрата керованості та катастрофи. Для функціональної керованості необхідної системи достатньо зробити систему $(S = H \odot S_0)$ автономною за допомогою контуру зв'язку S_f .

3.3. Автономність складних систем та їх керованість. Проблема забезпечення автономності і стійкості, спостережності й керованості складних систем повною мірою не розв'язана на сучасному етапі, оскільки виробничі структури формувались протягом довгого інтервалу часу, модернізувались та перероблялись, що призводило до втрат первинної документації, знань про конструкцію та режими функціонування, методи діагностики й ідентифікації складної структури (агрегованої, блочної, ієрархічної) системи.

Подано схему складної системи у вигляді структури $S \subset (X_0 \times Y)$, в яку входять (рис. 6):

- $H : X \times Z \rightarrow X_0$ – вхідний каскад;
- $B[\text{Start } RU|C_i]$ – блок генерації стратегій управління з генератором цілей;
- $S_f : (Y \rightarrow Z)$ – функціональний контур зворотного зв'язку.

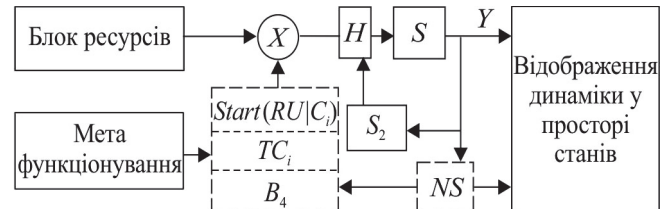


Рис. 6. Схема складної системи

Для оцінювання поведінки системи при реалізації завдань згідно зі стратегією управління обов'язковим є виконання таких умов керованості.

Умова (ФК1). Для функціональної керованості системи S необхідно і достатньо, щоб функціонально керованими були системи [2]:

$$\left. \begin{aligned} S_1 \subset (X_1 \times Y_1) \rightarrow \Phi K \\ S_2 \subset (X_2 \times Y_2) \rightarrow \Phi K \end{aligned} \right\} \Rightarrow S = (S_1 + S_2) - \Phi K, \quad (13)$$

де відповідно маємо: $(S_1 + S_2) = (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2)$.

3.4. Функціональна керованість складних систем.

Система S є функціонально керованою, якщо функціонально керована \hat{S} , при цьому маємо: $\exists S_f, \exists S, \hat{S}$, та F для яких:

$$\left. \begin{aligned} S &= (X_0 \times Y), \\ \hat{S} &\subset (X \times Y), \\ H: (X \times Z_0) &\rightarrow X_0, \exists (S, \hat{S}) \mapsto R(\hat{S}) = R(S), \\ \exists: (Y \times Z) & \end{aligned} \right\} \Rightarrow \hat{S} = F(H \odot SOS_f), \quad (14)$$

тоді для вхідного каскаду маємо такі співвідношення [27], [28]:

- 1) $H((y)\hat{S} \subset (y)S); (y)S \leftarrow S \rightarrow S(y)$,
- 2) $H(x, z) \in y(S) \Rightarrow x \in (y)\hat{S}; (y)S = \{X: (x, y) \in S\}$,
- 3) $\forall (\alpha, \beta), \exists V(y), V(y)$ – цільовий окіл, для якого маємо:

$$\begin{aligned} (Z \in V(y) \wedge \hat{Z} \in V(\hat{y})) &\Rightarrow \alpha Z + \beta \hat{Z} \in V(\alpha y + \beta \hat{y}), \\ H(x_1 \alpha z + \beta \hat{z}) &\in (\alpha y + \beta \hat{y})S \Rightarrow x \in (\alpha y + \beta \hat{y})S \end{aligned} \quad (15)$$

функція стану в системі зворотного зв'язку.

4. Функціональна керованість n -вимірних систем з ієрархічною структурою. Функціональна керованість n -вимірних систем є важливою проблемою забезпечення оперативного управління (узгодженого, координованого) для ієрархічних систем із блочною організацією, тому підходи і методи її розв'язання є актуальними.

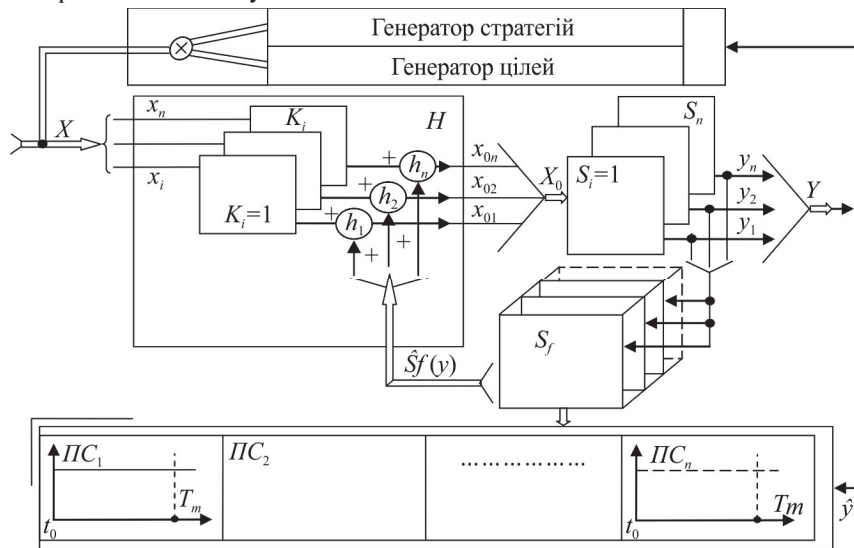


Рис. 7. Структурна схема декомпозиції S-системи

Як приклад розглянемо систему $S = (X_0 \times Y)$, динаміка об'єкта якої описується рівнянням лінійного типу $y = Ay + Bx$, а вхідний сигнал на осі R має вигляд: $X_0 = L_2(0, \infty)$, $A = \|n \times n\|$ – матриця, $B = \|n \times n\|$ – матриця, $A = \|a_{ij} | i=1, n, j=1, n\|$, $B = \|b_{ij} | i=1, n, j=1, n\|$, які є не виродженими. Тоді S – функціонально керована і подана у вигляді (рис. 8) композиції паралельних підструктур, які виконують енергоактивні функції для реалізації спільної мети.

Для виявлення особливостей кожної підструктури, які виконують різні функції у техногенній системі (підготовка і перетворення ресурсів, енергоактивні і термодинамічні перетворення ресурсів) формуємо процедури декомпозиції великих блоків техногенної (структури) системи на функціонально замкненні S-системі.

4.1. Функціональна керованість n -вимірних системи зі зворотним зв'язком. Нагадаємо, що під зворотнім зв'язком будемо розуміти вплив результату функціонування будь-якої системи на характер її подальшого функціонування. Термін "зворотний зв'язок" використовують стосовно перебігу процесів у соціальних, біологічних, технічних, економічних та інших системах, а також у кібернетиці та теорії автоматичного регулювання та управління. Розглянемо таке основне означення.

Означення. Нехай $S \subset X_0 \times Y$ – лінійна система, а $H: X \times Z \rightarrow X_0$ – оператор лінійного вхідного пристрою, $(S_1 \subset X_1 \times Y_1)$ та $(S_2 \subset X_2 \times Y_2)$ – функціонально керовані, тоді існує система $(\hat{S} \subset X \times Y)$, яка відповідає умовам локальної керованості [2]:

- 1) $\hat{S} = S_1 + S_2$;
 $\forall y \in R(S), \exists z \in Z:$
- 2) $(H((y)\hat{S}, Z) \subset y(S)) \wedge (H(x, z) \in (y)S \Rightarrow x \in (y)\hat{S})$.

Звідки випливає, що систему S можна розкласти на автономні підсистеми S_1 і S_2 з допомогою лінійного зворотного зв'язку, якщо S – функціонально керована. Відповідно до наведеного вище побудуємо структурну схему декомпозиції системи S по S_f , доповнивши її блоком генерації цілей та стратегій управління та екраном відображення пристроїв для оцінювання ситуації (рис. 7).

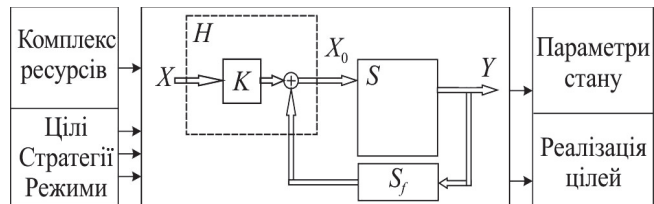


Рис. 8. Структурна схема S-функціонально керованої системи

Згідно з процедурою декомпозиції, формуємо умови:

1. Якщо маємо, що $X = L_2(0, \infty)$ і $S_i \in X_i \times Y_i$ ($i = 1, \dots, n$), то вихід системи визначається $y_i = (\alpha_i y_i + \beta_i x_i), x_i = x_i(t)$, $y_i(t) = y_i(\alpha, \beta)$, – параметри.

2. Якщо $\beta_i \neq 0, x_i \in L_2(0, \infty)$, тоді система функціонально керована в часі $t \in T$, тобто стани системи можна розбити на термінальні цикли:

$$2.1) \hat{S} = \left(\bigcup_i S_i \middle|_{i=1}^n \right),$$

2.2) $\forall y, \exists z, H((y)\hat{S}, Z) \subset (y)S \subset X$, а рівняння динаміки n -вимірної системи має вигляд метричного перетворення у просторі станів [2]:

$$\forall t \in T, \exists \{y_i^n\} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ y_i \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} = A \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ y_i \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} + B \cdot \left(K \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ y_i \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} + Z_i \right); \{y_i > 0\},$$

відповідно маємо опис поведінки траєкторії стану, як розвиток D - U управління:

$$\forall t \in T, \forall x_i, \exists y_i Z_i = B^{-1}(\alpha_i I - A) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ y_i \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} + (\beta_i B^{-1} - K) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ x_i \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix},$$

Тоді умови керованості n -вимірної системи задаються у вигляді:

$$\forall t \in T, \forall x_i, \exists y_i \forall_i (\beta_i B^{-1} - K) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ 1 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix} = 0, Z_i = B^{-1}(\alpha_i I - A) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ y_i \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Звідки випливає, що K і S_f мають таке подання:

$K = B^{-1}\beta, S_f = B^{-1}(\alpha - A)$, а матриці коефіцієнтів – таке:

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \beta_n \end{bmatrix}, \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \alpha_n \end{bmatrix}, K = B^{-1}\beta; S_f = B^{-1}(\alpha - A).$$

Для системи $S \subset (X_0 \times Y)$ з неупередженою реакцією в термінальному часі T , структурний опис вхідного каскаду має вигляд: $H(X \times Z) \rightarrow X_0$, тоді, якщо задана система $\hat{S} \subset (X \oplus Y)$ з реакцією типу $\hat{\rho}$, то $\rho, \hat{\rho}$ і H відповідають умовам керованості, при забезпеченні стійкості згідно з даними робіт [28], [27]:

- 1) $(\rho(c, x)|\bar{T}^t = \rho(c, \hat{x})|\bar{T}^t) \Rightarrow (x|\bar{T}^t = \hat{x}|\bar{T}^t)$,
- 2) $\forall c, \forall y \in R(S), \exists \times (\rho(c, x) = y)$,
- 3) $(\hat{\rho}(c, x)|\bar{T}^t = \hat{\rho}(c, \hat{x})|\bar{T}^t) \Rightarrow (x|\bar{T}^t = \hat{x}|\bar{T}^t)$,
- 4) $\forall c, \forall y \in R(S), \exists \times (\hat{\rho}(c, x) = y)$,
- 5) $H(x, z)|\bar{T}^t = (H(\hat{x}, z)|\bar{T}^t \vartheta x|\bar{T}^t = \hat{x}|\bar{T}^t) \Rightarrow (Z|\bar{T}^t = \hat{Z}|\bar{T}^t)$,

які визначають, що існує контур зворотного зв'язку $S_f: Y \rightarrow Z$, для якого виконується

$$\exists \hat{S}_f: Y \rightarrow Z \text{ та } \hat{S} = F(H \odot S \odot S_f).$$

Для техногенної системи (рис. 9) виділимо структуру інтелектуального аналітичного центру оцінки ситуації і прийняття рішень, як основу формування процесу

стратегічного управління та прийняття цілеорієнтованих рішень. Відповідно до мети завдання управління й термінальних ситуацій рівні когнітивної інформаційної діяльності як основи ідентифікації цільового функціонування техногенної системи. Для ієрархічної структури з рівнем оперативного управління схема має вигляд, як зображено на рис. 9, де:

- RT_1 – рівень оцінки проблемної ситуації і генерації цілей;
- RT_2 – рівень оцінки конфліктності у структурі системи і управління.
- RT_3 – оцінка ситуації і формування проблемних задач.
- RT_4 – декомпозиція проблемних задач на задачі управління об'єктами.
- RT_5 – оцінка ситуації у просторі цілей і станів відносно цільового стану.
- RT_6 – вироблення стратегій розв'язання конфліктних ситуацій.

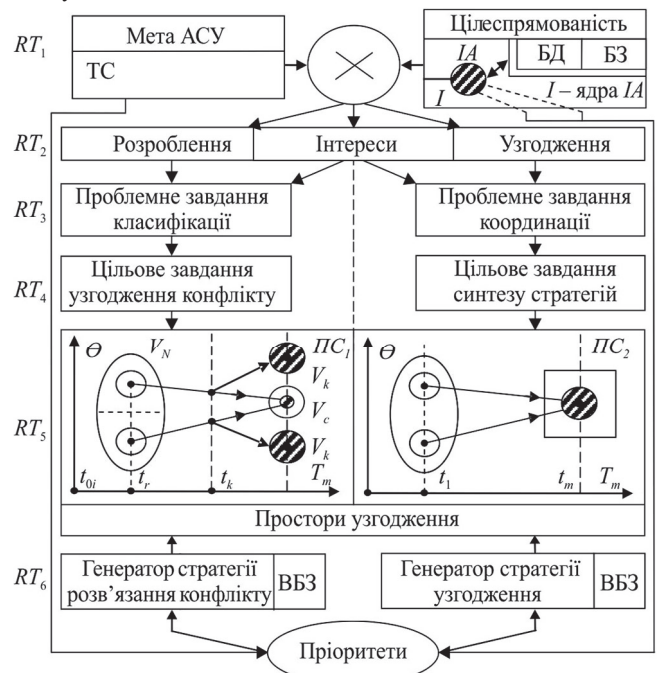


Рис. 9. Структури забезпечення автономності і генерації цілей для управління автоматизованою ієрархічною системою на підставі інформаційних і когнітивних технологій

При виконанні процедури ідентифікації маємо: $H((y)\hat{S}, z) \subset (y)S$; при виконанні умови буде

$$H(x, y) \in (y)S \Rightarrow x \in (y)S;$$

тоді $H(x, S_f(y))|\bar{T}^t = H(\hat{x}, S_f(\hat{y}))|\bar{T}^t$,

які формують співвідношення перетворення в системі зворотного зв'язку в просторі станів системи \hat{S} .

Згідно з наведеними вище концепціями, будемо структуру систем, які забезпечують автономність і генерування цілей відповідно до стратегії розв'язання безконфліктного координаційного управління з певним рівнем ієрархії виду (рис. 9), які виконують інтелектуальні функції:

- RT_1 : мета – конфлікт – цілеспрямованість;
- RT_2 : конфлікт – інтереси – узгодження;
- RT_3 : проблемна конфліктна задача – координація;
- RT_4 : цільова задача узгодження конфлікту – цільова задача синтезу стратегії виходу з конфлікту;

- RT_5 : – узгодження поведінки системи у просторі станів відносно конфліктної ситуації,
- RT_6 : – генерація стратегій узгодження конфліктів відносно пріоритетів інтелектуального агента (ІА) і цілей функціонування технологічної системи.

Для оцінювання ситуації в цілеспрямованих автономних системах, де виникають надзвичайні ситуації внаслідок роботи при граничних навантаженнях та аварійних режимах, необхідно вибрати комплекс параметрів, виділити індикатори ознак, оцінити інтервали допустимих значень.

Тому це вимагає побудови відповідного набору класів, просторів та їх інформаційного, ресурсного, параметричного оснащення.

За задачею ліквідації надзвичайної ситуації (НС) виділяємо класи просторів [55] (рис. 10):

- 1) простори станів агрегатів і системи загалом та енергоактивних блоків;
- 2) цільові простори функціонування агрегатів, енергоактивних блоків і системи загалом, будуються способи інформаційної та енергетичної взаємодії між блоками та між системами;
- 3) для оцінювання поведінки системи в часі будується фазовий та термінальний простори, які мають бути спряжені з просторами станів та цільовим;
- 4) на підставі виявлення структури впливу факторів збурень і ризиків як ресурсного, так й інформаційного характеру, та дійових атак будується простір оцінки рівня ризику.

Згідно із структурою ієрархічної енергоактивної системи, будуються діаграми причинно-наслідкових зв'язків і їх моделі для факторів техногенного, ресур-

сного впливу і для інформаційних цілеорієнтованих рішень (дезорієнтація, атака, блокування потоків даних, некоректна процедура, оцінювання, класифікація ситуацій) (рис. 11).

На підставі зв'язків діаграми (П-Н) будуємо функцію оцінки ризику виходу з-під контролю актуальної ситуації в ПНО у вигляді адаптивної моделі:

$$\alpha_{Risk}^A = K_p^A \bigcup_{i=1}^n F_{iR} W_{iR}^a (\theta_i^z t_{is}, T_m)_{T_m}, \quad (17)$$

або у вигляді мультиплікативної моделі:

$$\alpha_{Risk}^A = K_p^A \prod_{i=1}^m F_{iR} W_{iR}^m (\hat{\theta}_i^z t_{is}, T_m)_{T_m}, \quad (18)$$

або комбінованої у вигляді, що ускладнює оцінювання ризику оператором.

Позначення до формул (17) і (18):

- α_{risk}^A – коефіцієнт ризику, який визначають згідно із шкалами оцінювання;
- $Sh_\alpha[0 \div 1]$ – настання аварії;
- K_p^A – коефіцієнт активних факторів впливу ($P \in [0,1]$);
- F_{iR} – коефіцієнт ресурсних факторів впливу ($R \in [0,1]$);
- W_{iR}^a – функція впливу на параметри об'єкта за час T_m .

Опис поведінки об'єктів функціональної структури техногенної системи є підставою для оцінювання ризиків виникнення аварійної ситуації (рис. 10). Для цього розроблена концепція подання стану системи у просторах стану, режиму, цільового, які є взаємно спряжені і в яких можна подати траєкторію зміни параметрів системи у часі.

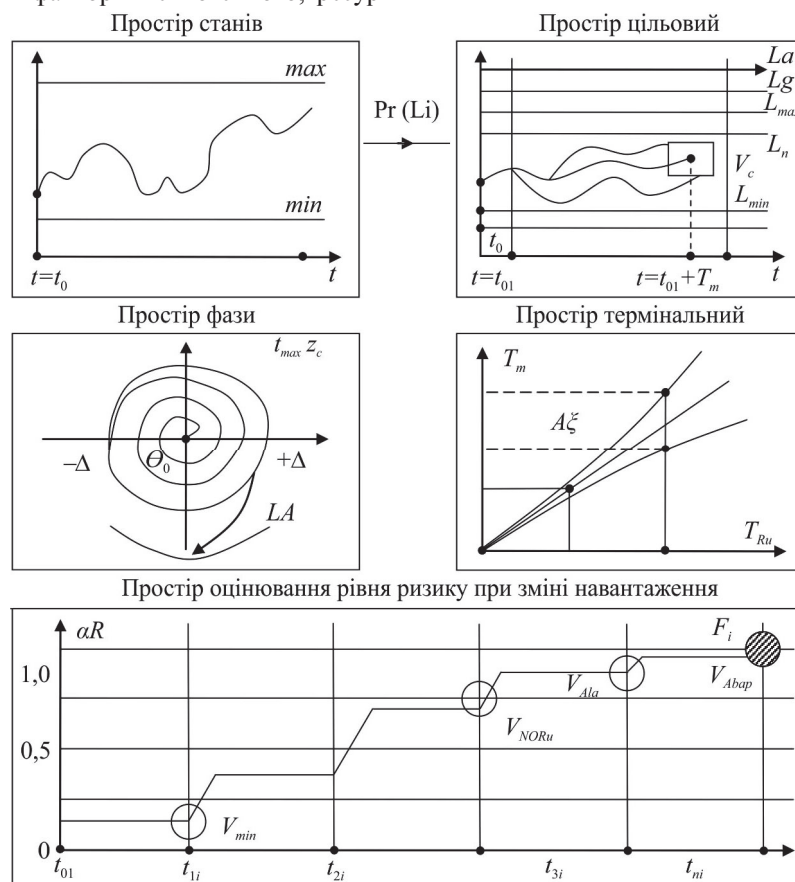


Рис. 10. Структура просторів станів системи, цільового та термального з урахуванням (ConDR) 0 конусу допустимих змін енергетично активних потоків ресурсів

Згідно з даними (див. рис. 10), розглянемо взаємозв'язок просторів у вигляді діаграми проекцій:

- на рис. 10.1, 10.2: $\Pi_R \subset \Pi_S \xrightarrow{pr} \Pi_{Ci}$, де P – параметр потужності, L_{\max} – лінія максимального навантаження, L_{\min} – лінія мінімального режиму, $QonDR_y$ – конус допустимих змін швидкості подачі ресурсів, (L_g, L_a) – лінії граничного і аварійного режимів, $\{t_i\}$ – відліки часу критичних ситуацій.
- на рис. 10.3, 10.4 – опис поведінки траєкторії руху системи у фазовому просторі і термінальному, що враховує запізнення під час формування та прийняття рішень.
- на рис. 10.5 – простір зміни режимів навантаження енергоактивного блоку, опис якого є підставою для оцінювання ризиків при максимальних навантаженнях.

Ідентифікація ситуацій у техногенній системі згідно з цільовими завданнями проводиться на підставі аналі-

зу режимних траєкторій та виділення ознак аварійного стану.

Для оцінювання ризиків будуємо причинно-наслідкову діаграму динаміки зміни у часі ситуації в енергоактивній ієрархічній системі (рис. 11).

Подальша процедура ідентифікації режимної системи проводиться як за рахунок систем сигналізації режимів функціонування (норма, аварія, авар. Сит), так і розгортання в уяві оператора, причинно-наслідкових діаграм дії факторів впливу та виявлення ознак дії активних факторів в ланцюгу структурно-функціонального зв'язку агрегатів, блоків енергоактивних об'єктів техногенної системи.

Відповідно до інтенсивності дії фактора й оцінювання поточного рівня ризику та оцінювання граничної ситуації, виконується оператором координація режиму або процедура виводу агрегатів на зупинку процесу згідно з нормативами експлуатації.

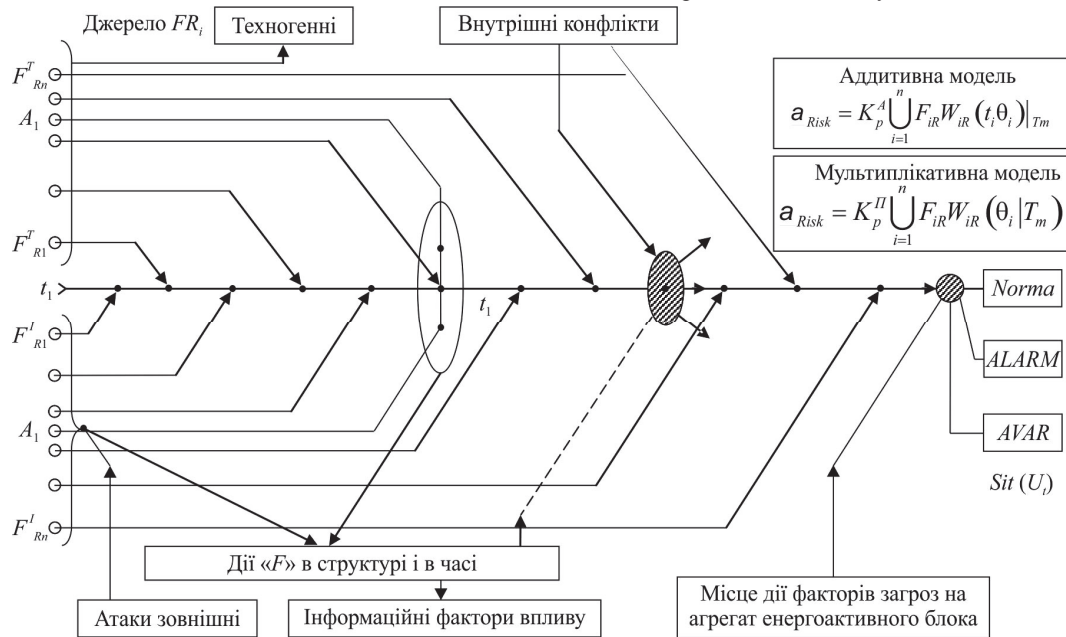


Рис. 11. Причинно-наслідкова модель впливу факторів на систему

Відповідно, модель оцінювання ризиків подано у вигляді моделей згідно із схемою (рис. 11), причому вона виконується циклічно, згідно з процедурою, пристроєм управління:

$$\alpha_{Risk}^{AM} = K_{AM} \bigcup_{i=1}^n \left[K_p^M \prod_{j=1}^m F_{iR} W_{iR}^m(\hat{\theta}_i^* t_i, T_m) \right]_{T_m},$$

$$\alpha_{Risk}^{AM} = K_{AM} \prod_{i=1}^m F_{iR} W_{iR}^m(\hat{\theta}_i^* \xi_i, t_i, T_m)_{T_m},$$

Для визначення параметрів оцінки ризиків побудовано (розроблено) схему та метод формування у часі потенційно небезпечної ситуації, як основи достатності часу для прийняття рішень на (рис. 12).

Наведемо позначення на схемі (див. рис. 12): α_{Risk} – коефіцієнт ризику, K_{AM}, K_p^A, K_p^M – нормуючі коефіцієнти, F_{iR} – i -й фактор впливу з ваговою функцією W_{iR}, T_m – термінальний час, T_{mi} – локальний термінальний час: $(U T_{mi} \subset T_m)$.

Отже, в термінальному (III_{DC}) просторі динамічної системи будуємо комплексну термінальну діаграму формування потенційно небезпечних ситуацій (ПНС).

ПНС у термінальному просторі енергоактивного об'єкта формується за такими факторами:

- пасивні фактори ризику, які містять психологічні компоненти, функціональні, транспортні, інформаційні дефекти проектів, низький рівень знань персоналу;
- активні фактори ризику, які містять стратегічні помилки, конструктивні дефекти, граничні динамічні навантаження, інформаційні атаки на систему управління, перешкоди, збій автоматичних систем управління технологічним процесом (АСУ-ТП), помилки операторів АСУ, активні ξ_i збурення.

Сигнали про стан системи і зовнішню ситуацію сприймаються оператором через сенсорну систему і опрацьовуються в нейроструктурах мозку для формування образу ситуації в цільовому просторі інтегрованої системи [2]. В умовах надзвичайних ситуацій у техногенних структурах, підрозділи аварійних служб і МНС знаходяться в різних координатах, які мають розподілену енергетичну, ресурсну, виробничу та інформаційно-управлінську структуру, що значно ускладнює процес прийняття координаційних і управлінських рішень, а особливо в аварійних режимах їхньої безпосередньої діяльності.

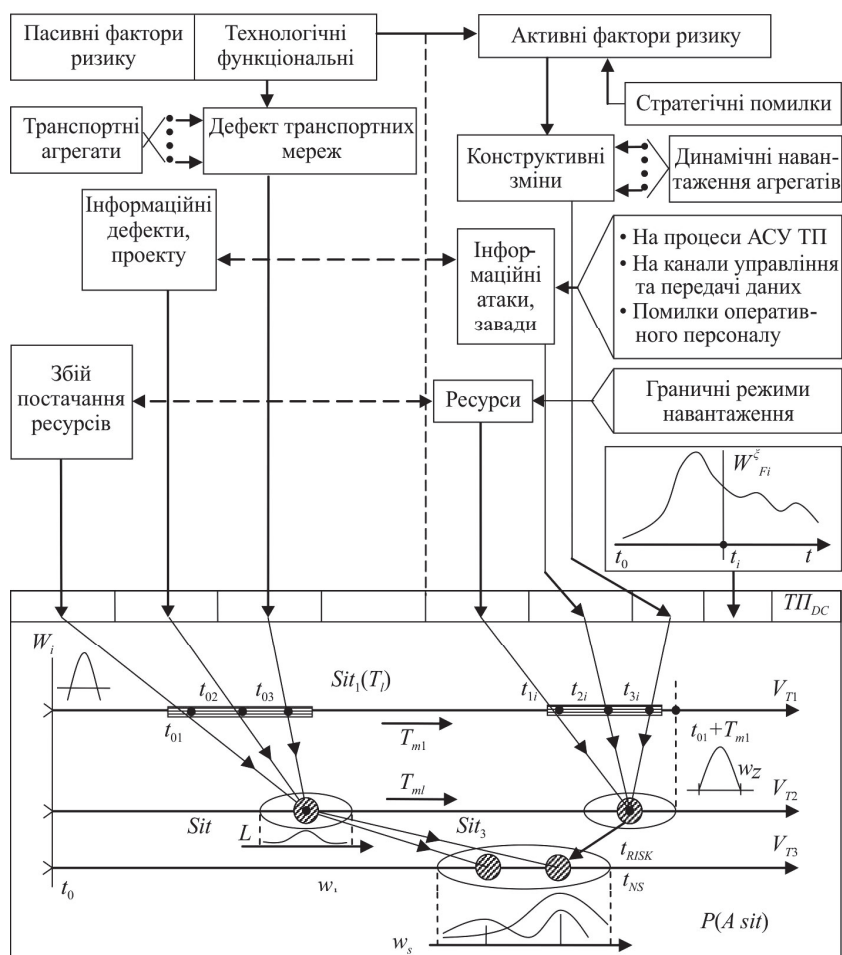


Рис. 12. Схема формування потенційно небезпечної ситуації в термінальному просторі

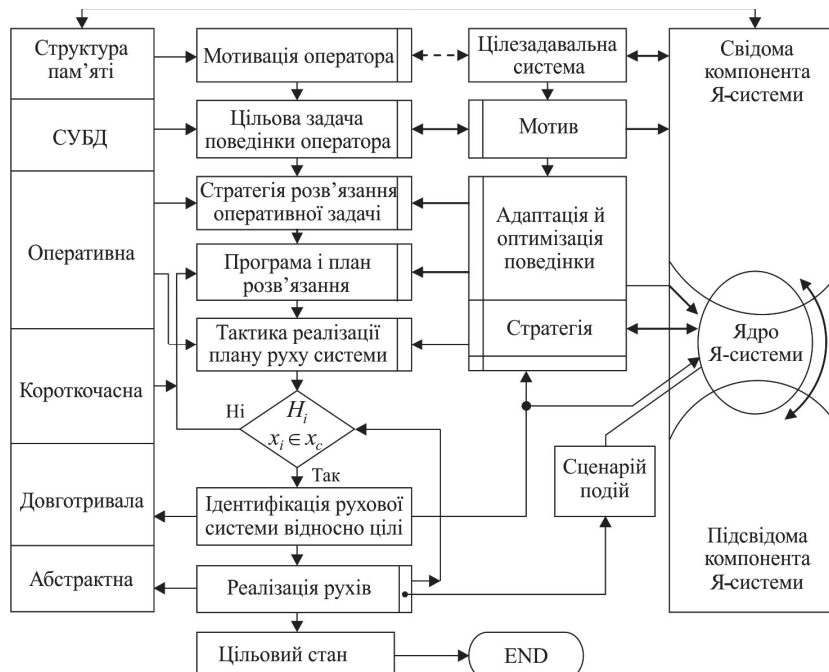


Рис. 13. Схема розв'язання задач управління оператором з використанням когнітивної моделі прийняття рішень

Ці умови відповідно формують вимоги до інтелекту і психофізіологічних характеристик операторів та апарату управління системою НС відносно їх умінь і психологічної стійкості, рівня знань, рішучості під час прийняття управлінських рішень (рис. 13).

Наведемо перелік вимог і умінь, які необхідні оператору для прийняття рішень [42]:

- для просторового оцінювання ситуації оператору потрібно:
 - мати сенсорну чутливість у сприйнятті потоків даних;
 - мати гостроту реакції на звукові та слухові образи та мінімізацію часу реакції на сигнали;
 - вміти ефективно формувати ознаки зміни режимів агрегатів;

- для побудови варіантів стратегій і тактики поведінки на підставі цілеорієнтованих дій необхідно володіти комплексом впорядкованих знань:
 - будувати оптимальні ланцюги і плани дій з мінімізацією ризику;
 - оцінювати параметри загроз і прогнозувати їх вплив на рівень аварійності та динаміку розвитку ситуації;
 - здатність реалізовувати тактику дій в умовах прямих загроз життя людини, що складає велику трудність у підготовці операторів.

Проблеми оцінювання інтелектуальних здібностей особистості оператора

- читати карти;
- сприймати образну інформацію про об'єкти;
- прокладати маршрути про просторові структури техногенної системи;
- формувати образи ситуацій x потоків даних, що потрібно для ідентифікації факторів впливу та структури.

- генерувати тактики дій за умови ризику;
- сприймати вербальну, образну та аналітичну інформацію та опрацьовувати її.

За умови ризику в оператора виникає психоемоційна напруга. Окрім цього, потреба швидкого й ефективного сприймання та опрацювання інформаційних потоків, вимагає відповідних реакції та вмій щодо оцінювання часових інтервалів, які потрібні для прийняття рішень і виконання дій.

Найгірший випадок, коли оператор мусить швидко і кардинально міняти стратегію управління при динамічних загрозах, оскільки такі ситуації вимагають високого рівня інтелектуальних здібностей, глибоких професійно орієнтованих знань, мотиваційної зацікавленості, рішучості до дій та психофізіологічної стійкості. На рис. 14 наведено функціональну структуру процесу цілеспрямованої діяльності під час оцінювання ризиків виникнення аварійних ситуацій.

Зважаючи на наведене вище впливає, що для діяльності за умови ризику і нечіткості даних у технологіч-

них системах інтелектуальний рівень підготовки оператора має забезпечувати:

- здатність освоювати складні технічні знання із широкого спектра предметних областей;
- вміння будувати аналогії та моделі відносно предметних областей;
- вміння виявляти сенс технологічних систем і виробничих агрегатів;
- вміння визначати характеристики і параметри динаміки процесів та будувати образи ситуацій;
- вміння виявляти ознаки нормального і аварійних режимів та будувати сценарії розвитку, виходячи з причинно-наслідкових зв'язків і логіки управління, а також синтезувати стратегії протидії;
- вміння прогнозувати наслідки управляючих дій і вплив загроз та факторів;
- психологічну стійкість і надійність функціонування в складі системи в нормальних і аварійних режимах.

Ці вимоги до функціональних здібностей оператора містять дві компоненти:

- генетичну організацію особистості, яка забезпечує здатність організму витримувати навантаження та навчатись (ефективно освоювати знання та вміння та використовувати їх у практичній діяльності);
- мотиваційно-вольову компоненту і природний інтелект, який дає змогу цілеорієнтовано самовдосконалюватися в процесі навчання та трудової діяльності.

З іншого боку, ця проблема характеризується здатністю до цілеорієнтованої інтелектуальної самоорганізації когнітивної системи оператором як інтелектуального агента.

Висновки

Залежно від структури системи і ситуації відбуваються зміни стану ПНО в термінальному просторі $[T_m \times T_R]$ стосовно динаміки темпів подій, що призводить до згущення ситуацій на осі реального часу і до виникнення аварійної ситуації в разі невчасного прийняття заходів захисту. Тому для швидкої ліквідації аварійних ситуацій потрібно розробити: структурні схеми технологічних процесів; моделі, схеми відбору й опрацювання даних; методи класифікації ситуацій та прийняття рішень; схеми розвитку можливих сценаріїв подій; схеми поведінки персоналу та інструкції для ліквідації НС, що базуються на підставі інформаційних і системних технологій.

Розглянуто інтелектуальний компонент під час формування рішень у межах когнітивної психології на підставі концепції "Я-системи". Показано, що для прийняття ефективних рішень за умови ризику і нечіткості даних необхідно враховувати психофізіологічний стан, інтелектуальний рівень та мотиваційно-вольову сферу оператора, що є підставою ефектної ідентифікації граничних і аварійних ситуацій оператором.

References

- [1] Aizerman, M. A., & Aleskerov, F. T. (1990). *Vybor variantov. Osnovy teorii*. Moscow: Nauka, 240 p. [In Russian].
- [2] Banelykov, A. A. (1986). *Proektirovanie sistem priniatiia reshenii v energetike*. Moscow: Energoatomizdat, 120 p. [In Russian].
- [3] Didenko, N. I., et al. (1988). *Programmno-tselevoe planirovanie issledovaniy i razrabotok v priborostroenii*. Leningrad: Mashinostroenie, 183 p. [In Russian].
- [4] Dodonov, A. G., Khadzhinov, V. V., & Voloskov, I. I. (1988). *Vychislitelnye sistemy dlia resheniya zadach operativno-organizatsionnogo upravleniya*. Kyiv: Nauk. dumka, 216 p. [In Russian].
- [5] Eikseff, P. (1975). *Osnovy identifikatsii sistem*. Moscow: Mir, 684 p. [In Russian].
- [6] Eikseff, P. (1983). *Sovremennyye metody identifikatsii sistem*. Moscow: Mir, 400 p. [In Russian].
- [7] Emelianov, S. V. (Ed.). (1988). *Tekhnologiya sistemnogo modelirovaniia*. Moscow: Mashinostroenie, 520 p. [In Russian].
- [8] Gerasimov, B. M., Tarasov, V. A., & Tokarev, I. V. (1993). *Cheloveko-mashinnye sistemy priniatiia reshenii s elementami iskusstvennogo intellekta*. Kyiv: Nauk. dumka, 183 p. [In Russian].
- [9] Gladun, V. P. (1987). *Planirovanie reshenii*. Kyiv: Nauka, 168 p. [In Russian].
- [10] Gryciuk, Yu. I., Dragan, Ya. P. (2016). Numerical integration of table functions to one variable using Taylor polynomial. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(3), 350–360. <https://doi.org/10.15421/40260358>.
- [11] Grytsiuk, Yu. I., & Leshkevych, I. F. (2017). The Problems of Definition and Analysis of Software Requirements. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(4), 148–158. <https://doi.org/10.15421/40270433>.
- [12] Hrytsiuk, Yu. I., & Buchkovska, A. Yu. (2017). Visualization of the Results of Expert Evaluation of Software Quality Using Polar Diagrams. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(10), 137–145. <https://doi.org/10.15421/40271025>.
- [13] Hrytsiuk, Yu. I., & Nemova, E. A. (2018). Peculiarities of Formulation of Requirements to the Software. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(7), 135–148. <https://doi.org/10.15421/40280727>.
- [14] Hrytsiuk, Yu. I., & Zhabych, M. R. (2018). Risk Management of Implementation of Program Projects. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(1), 150–162. <https://doi.org/10.15421/40280130>.
- [15] Ivanitcev, V. V. (1986). *Avtomatizatsiia modelirovaniia potokovykh sistem*. Leningrad: Nauka, 142 p. [In Russian].
- [16] Kabikin, V. E. (1977). *Diagnostika operativnogo myshleniya*. Kyiv: Nauk. dumka, 110 p. [In Russian].
- [17] Kanovei, V. G. (1984). *Aksioma vybora i aksioma determinirovanosti*. Moscow: Nauka, 64 p. [In Russian].
- [18] Khuis, D. (1981). *Prichinnyi analiz v statisticheskikh issledovaniakh*. Moscow: Statistika i finansy, 254 p. [In Russian].
- [19] Kini, R. L., & Raifa, Kh. (1981). *Priniatie reshenii pri mnogikh kriteriakh: predpochteniya i zameshcheniya*. Moscow: Radio i svyaz, 560 p. [In Russian].
- [20] Kolman, R., Fal, P., & Arbib, M. (1971). *Ocherki po matematicheskoi teorii sistem*. Moscow: Mir, 398 p. [In Russian].
- [21] Liamec, V. I., & Tiashev, A. D. (2004). *Sistemnyi analiz*. Kharkiv: KhNURE, 448 p. [In Russian].
- [22] Liung, L. (1991). *Identifikatsiia sistem*. Moscow: Nauka, 432 p. [In Russian].
- [23] Lurgii, A. F. (2002). *Osnovy neiropsikhologii*. Moscow: Akademiia, 384 p. [In Russian].
- [24] Lysa, N. K., & Sikora, L. S. (2015). Informatsiino-energetichna kontseptsii ta bazovi modeli aktyvizatsii tekhnologichnykh protsesiv na pidstavi lazernoho fotonnoho zonduvannia. Part 2. *Modeliuvannia ta informatsiini tekhnologii*, 75, 132–143. [In Ukrainian].
- [25] Maiminas, E. Z. (1989). *Kompiuter i zadacha vybora*. Moscow: Nauka, 208 p. [In Russian].
- [26] Makarova, I. M. (Ed.). (1992). *Teoriia vybora i priniatiia reshenii*. Moscow: Nauka, 328 p. [In Russian].
- [27] Mesarovich, M., & Takhakara, Ia. (1978). *Obshchaia teoriia sistem. Matematicheskie osnovy*. Moscow: Mir, 310 p. [In Russian].
- [28] Mesarovich, M., Mako, D., & Takakhara, I. (1973). *Teoriia ierarkhicheskikh mnogourovnevnykh sistem*. Moscow: Mir, 344 p. [In Russian].

- [29] Michi, D. (1975). *Integralnye roboty*. Moscow: Mir. Vol. 2, 526 p. [In Russian].
- [30] Mirkin, B. G. (1974). *Problema gruppovogo vybora*. Moscow: Nauka, 256 p. [In Russian].
- [31] Pavlov, A. A. (Ed.). (1990). *Sistemy avtomatizirovannogo planirovaniia i dispetchirovaniia gruppovykh proizvodstvennykh protsessov*. Kyiv: Tekhnika, 198 p. [In Russian].
- [32] Pavlov, A. A. (Ed.). (1991). *Osnovy sistemnogo analiza i proektirovaniia ASU*. Kyiv: Vishha shk., 367 p. [In Russian].
- [33] Pavlov, A. A. (Ed.). (1993). *Konstruktivnye polinomialnye algoritmy resheniia individualnykh zadach iz klassa NP*. Kyiv: Tekhnika, 128 p. [In Russian].
- [34] Perelmak, I. M. (1979). *Matematicheskie metodyv teorii sistem*. Moscow: Mir, 327 p. [In Russian].
- [35] Perelmak, I. M. (1982). *Operativnaia identifikatsiia obektov upravleniia*. Moscow: Energoatomizdat, 270 p. [In Russian].
- [36] Pervozvanskii, A. A. (1972). *Matematicheskie metody v upravlenii proizvodstvom*. Moscow: Nauka, 616 p. [In Russian].
- [37] Podchasova, T. P., Lagoda, A. P., & Rudnitskii, V. F. (1989). *Upravlenie v ierarkhicheskikh proizvodstvennykh strukturakh*. Kyiv: Nauk. dumka, 184 p. [In Russian].
- [38] Pospelov, G. S. (Ed.). (1981). *Problemy programmno-tselevoe planirovanie i upravleniia*. Moscow: Nauka, 464 p. [In Russian].
- [39] Pospelov, G. S., & Irikov, V. A. (1976). *Programmno-tselevoe planirovanie i upravlenie*. Moscow: Sov. radio, 440 p. [In Russian].
- [40] Pospelov, G. S., Irikov, V. A., & Kurilov, A. E. (1985). *Protsedury i algoritmy formirovaniia kompleksnykh programm*. Moscow: Nauka, 424 p. [In Russian].
- [41] Potkov, Iu. S. (Ed.). (1976). *Identifikatsiia i optimizatsiia nelineinykh stokhasticheskikh sistem*. Moscow: Energiia, 440 p. [In Russian].
- [42] Reznichenko, S. S., et al. (1991). *Ekonomiko-matematicheskie metody modelirovaniia v planirovanii i upravlenii gornym proizvodstvom*. Moscow: Nedra, 428 p. [In Russian].
- [43] Sagunov, V. I., & Lomakina, L. S. (1990). *Kontrol'prigodnost' strukturno-sviazannykh sistem*. Moscow: Energoatom, 112 p. [In Russian].
- [44] Sikora, L. S. (1998). *Systemolohiia pryiniattia rishen na upravlinnia v skladnykh tekhnolohichnykh strukturakh*. Lviv: Kameniar, 453 p. [In Ukrainian].
- [45] Sikora, L. S. (2009). *Kohnityvni modeli ta lohika operatyvnoho upravlinnia v iierarkhichnykh intehrovanykh systemakh v umovakh ryzyku*. Lviv: TsSD "EBTES", 432 p. [In Ukrainian].
- [46] Sikora, L. S., Lysa, N. K., & Tkachuk, R. L. (2016a). *Lohiko-kohnityvna model informatsiinoi identyfikatsii prychnynno-naslidkovykh zviazkiv pry dii aktyvnykh faktoriv na systemu. Part 1. Modeliuvannia ta informatsiini tekhnolohii*, 76, 152–165. [In Ukrainian].
- [47] Sikora, L. S., Lysa, N. K., & Tkachuk, R. L. (2016b). *Lohiko-kohnityvna model informatsiinoi identyfikatsii prychnynno-naslidkovykh zviazkiv pry dii aktyvnykh faktoriv ryzyku na systemu. Part 2. Modeliuvannia ta informatsiini tekhnolohii*, 76, 169–177. [In Ukrainian].
- [48] Sikora, L. S., Tkachuk, R. L., Tkachuk, H. V., & Yakymchuk, B. L. (2012). *Kohnityvna skladova operatyvnoi diialnosti v umovakh ryzyku i nechitkosti danykh. Osobystist v ekstremalnykh umovakh: Mater. V-oi nauk.-prakt. konf.*, (pp. 193–197), Lviv: LDU BZHD. [In Ukrainian].
- [49] Skurikhin, V. I., Kvachev, V. G., Valkman, Iu. R., & Iakovenko, L. P. (1990). *Informatsionnye tekhnologii v ispytaniakh slozhnykh obektov: metody i sredstva*. Kyiv: Nauk. dumka, 320 p. [In Russian].
- [50] Sytnyk, V. F. (Ed.). (1995). *Sistemy pidtrymky pryiniattia rishen*. Kyiv: Tekhnika, 162 p. [In Ukrainian].
- [51] Tcygachko, V. N. (1991). *Rukovoditeliu o priniatii reshenii*. Moscow: Finansy i stat., 240 p. [In Russian].
- [52] Tkachuk, R. L., & Sikora, L. S. (2010). *Lohiko-kohnityvni modeli formuvannia upravlinskykh rishen intehrovanykh systemamy v ekstremalnykh umovakh: posibnyk*. Lviv: Liha-Pres, 404 p. [In Ukrainian].
- [53] Vasylenko, V. O. (2003). *Teoriia i praktyka rozrobky upravlinskykh rishen*. Kyiv: TsUL, 236 p. [In Ukrainian].
- [54] Vasylenko, V. O., & Shostka, V. T. (2003). *Sytuatsiinyi menezhment*. Kyiv: TsUL, 285 p. [In Ukrainian].
- [55] Vavilov, A. A. (Ed.). (1983). *Imitatsionnoe modelirovanie proizvodstvennykh sistem*. Leningrad: Mashinostroenie, 416 p. [In Russian].
- [56] Vermishev, Iu. Kh. (1982). *Metody poiska reshenni pri proektirovanii slozhnykh tekhnicheskikh sistem*. Moscow: Radio i sviaz, 152 p. [In Russian].
- [57] Vilkas, E. I., & Maiminas, E. Z. (1981). *Resheniia: teoriia, informatiia, modelirovanie*. Moscow: Radio i sviaz, 328 p. [In Russian].
- [58] Zaitcev, V. S. (1990). *Sistemnyi analiz operatorskoi deiatelnosti*. Moscow: Radio i sviaz, 120 p. [In Russian].
- [59] Zavalysyna, D. N. (1985). *Psykholohichniy analiz operatyvnoho myslennia*. Moscow: Nauka, 220 p. [In Ukrainian].

L. S. Sikora, N. K. Lysa, Yu. G. Miyushkovych, R. S. Martysyshyn

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

LOGIC-COGNITIVE MODELS, INFORMATION AND SYSTEM TECHNOLOGIES FOR IDENTIFYING THE STRUCTURE OF HIERARCHICAL SYSTEMS TO PROVIDE SUPPORT FOR SOLUTIONS IN CRISIS AND CONFLICT SITUATIONS

The article presents schemes and models to support decision-making for the elimination of threats during emergencies in hierarchical systems. The construction of schemes and models was based on information and system technologies (based on the concept of identification). In modern technological productions with a complex hierarchical structure, the causes of an emergency can be: failures, obstacles, malfunctions (both in information management structures and in production units, and in case of technology violation).

In the event of errors (which may be made in the process of analyzing a limiting situation or emergency) and incorrect decisions, the dynamics of the development of events will have disastrous consequences. To prevent the development of events under such a scenario, operational and technical personnel should have an appropriate level of systematic knowledge. This allows staff to identify the sources of hazards and factors, to build a cause-and-effect relationships. This becomes the basis for the analysis of the state of potentially dangerous objects (PDO) in the hierarchical structure of the system. This system-information basis is necessary for constructing scenarios for the development of events, identifying bottlenecks and making decisions in the context of eliminating threats and emergency conditions by the operational management team. For complex structures of technogenic systems, the problem of identification (both dynamics and interconnections of aggregates) is not fully resolved. This requires the development of new methods taking into account human behavior.

Modern production is a complex integrated human-machine controlled system and management strategy (which are included both in the structure of the automated control system and in the knowledge base and professional skills of the human operator). A

characteristic feature of such systems is the distribution of information load in accordance with the target tasks. This requires the development of data flows of various informational significance, identifying the characteristic signs of the system's behavior relative to the target, and forming solutions for coordinating the system's movement in the direction of the target area. These decision-making processes and procedures increase the mental tension of the operator. This may lead to decisions to unnecessary risk. That is, in accordance with the situation, the price of error increases. This is what forms the set of requirements for the operator: both to the level of his intellectual readiness, and to his psychophysiological characteristics.

Keywords: information; system; structure; risk; potentially dangerous objects.

Інформація про авторів:

Сікора Любомир Степанович, д-р техн. наук., професор, кафедра автоматизованих систем управління.

E-mail: lssikora@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7446-1980>

Лиса Наталія Корнеліївна, д-р техн. наук., ст. викладач, кафедра автоматизованих систем управління.

E-mail: lisa.nataly@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5513-9614>

Міюшкович Юлія Георгіївна, канд. техн. наук, доцент, кафедра інформаційних технологій видавничої справи.

E-mail: yuliia.h.miyushkovych@ipnu.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5890-2208>

Марцишин Роман Степанович, канд. техн. наук, доцент, кафедра автоматизованих систем управління.

E-mail: mrs.nulp@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2464-8146>

Цитування за ДСТУ: Сікора Л. С., Лиса Н. К., Міюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С. Логіко-когнітивні моделі та інформаційні технології ідентифікації структури ієрархічних систем для підтримки рішень у конфліктних ситуаціях. *Український журнал інформаційних технологій*. 2019, т. 1, № 1. С. 76–90.

Citation APA: Sikora, L. S., Lysa, N. K., Miyushkovych, Yu. G., & Martysyshyn, R. S. (2019). Logic-cognitive models, information and system technologies for identifying the structure of hierarchical systems to provide support for solutions in crisis and conflict situations. *Ukrainian Journal of Information Technology*, 1(1), 76–90. <https://doi.org/10.23939/ujit2019.01.076>