

УДК 519.237

**ЛОГІКА ПРИЙНЯТЯ РІШЕНЬ В ОПЕРАТИВНИХ
ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЯХ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ
В ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМАХ**

Л. С. Сікора¹, Н. К. Лиса¹, Б. І. Федина²,
Ю. М. Лисий², О. Я. Бохан³

¹ Національний університет «Львівська політехніка»

вул. С. Бандери, 12, м. Львів 79013, Україна

² Українська академія друкарства

вул. Під Голоском, 19, м. Львів, 79061, Україна

³Калуський політехнічний фаховий коледж

вул. Б. Хмельницького, 2, м. Калуш, 77300, Україна

У статті розглянуто екстремальні ситуації, які виникають раптово, несуть значні ризики та потребують швидкого прийняття рішень. Розроблено алгоритми прийняття рішень з урахуванням факторів невизначеності, обмеженого часу та ієрархічної структури, моделювання екстремальних ситуацій та оцінка ефективності розробленого алгоритму.

Розглянуто математичний та системний апарат опису структур з підсистемами і системами з декомпозицією з відповідними функціональними зв'язками у вигляді операторів. Також розглянуто розробку теоретичної основи для прийняття рішень в оперативних екстремальних ситуаціях, алгоритм прийняття рішень для ієрархічних систем, що забезпечить швидке, чітке та децентралізоване управління в екстремальних ситуаціях. Моделювання екстремальних ситуацій продемонструє практичну ефективність розробленого алгоритму. В аналізі літературних джерел обґрунтовано, що проблема управління складними системами повною мірою не вирішена при дії структурних, інформаційних, психологічних загроз. Актуальною в подальшому є проблема структуризації системи як підстави формування цільових рішень оперативним персоналом в умовах дії активних загроз.

Наведено математичний і системний апарат опису структур з набором відповідних зв'язаних компонентів. Представлено функціональні блоки системи з відповідними функціями та характеристиками: функціональними перетвореннями, каскадним з'єднанням в технологічній структурі, моделями адаптивної та мультиплікативної взаємодії, системи із зворотнім та гібридним зв'язками та математичними операціями.

Розроблено метод оцінки ризиків при прийнятті управлінських рішень в ієрархічних системах в екстремальних умовах, з врахуванням когнітивних компонент операторів.

***Ключові слова:** ієрархічна система, екстремальні ситуації, оператор, когнітивні моделі, ризики.*

Постановка проблеми. Системний аналіз виник внаслідок спроб застосування методів і засобів теорії систем для розв'язання проблем управління складними ієрархічними системами в нормальних та аварійних режимах. З розвитком техногенних структур виникли інформаційні бар'єри, які формували ускладнені задачі управління [1]:

- ріст пропускної здатності каналів передачі даних і швидкий ріст їх неоднорідності та розмитості;
- складність розв'язуваних проблем перевищила можливість обробляти потоки даних людиною і процесором АСУ-ТП.

Це привело до створення інформаційних систем (як інструменту підвищення обґрунтованості і ефективності прийняття управлінських рішень) та інформаційних технологій синтезу стратегій досягнення мети, тактики, системного планування дій на об'єкті.

У процесі розв'язання складних проблем маємо такі рівні ієрархій [1]:

- ієрархія нижнього рівня структури об'єкта на розбитті модулів і агрегатів;
- ієрархія структури управління n -го порядку залежно від цілеорієнтації та рівня опрацювання інформації (сенсори, блоки обробки, формувачі образів динамічних ситуацій);
- ієрархія дерева рішень і розбиття цільового простору на кластери;

- ієрархія пріоритетів в процедурах рангування альтернатив на розбитті простору цілей;
- ієрархія в побудові множин дерев цілей та відповідних класів стратегій і оцінка їх ефективності щодо еталонного способу реалізації цілі.

Актуальність статті полягає в розгляді екстремальних ситуацій, які виникають раптово, несуть значні ризики та потребують швидкого прийняття рішень. Ієрархічні системи, де чітко визначена структура підпорядкування, стикаються з викликом координації дій в умовах обмеженого часу та інформації. Розробка ефективної логіки прийняття рішень в екстремальних ситуаціях є ключовою для мінімізації шкоди та забезпечення успішного управління в ієрархічних системах.

Метою статті є дослідження та систематизація принципів прийняття рішень в оперативних екстремальних ситуаціях, розробка алгоритму прийняття рішень для ієрархічних систем, враховуючи особливості екстремальних ситуацій, оцінка ефективності розробленого алгоритму на прикладі моделювання. Для вирішення мети дослідження застосовано методи формалізації логіки прийняття рішень в екстремальних ситуаціях на основі принципів швидкості, чіткості та децентралізації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У статтях [1, 2, 4] обґрунтовано проблему інтеграції методів ситуаційного аналізу та причинних діаграм дії факторів на процес управління.

Розглянуто категорні моделі представлення структури складних систем та їх ефективність у формуванні стратегій в інфраструктурі при внутрішніх та зовнішніх конфліктах в статті [3].

У публікаціях [4-6] проаналізовано логіко-когнітивні методи та їх використання в процесі підготовки оперативного управлінського персоналу для всіх рівнів ієрархії інтегрованого управління структурами виробництва, обґрунтовано їх ефективність.

Розроблено інформаційні технології ідентифікації структури систем, когнітивні методи оцінки ситуацій при дії факторів на процес управління та підвищення стійкості у статтях [7, 8, 9].

У працях [10, 11-13] обґрунтовано вплив когнітивних характеристик оперативного персоналу при реалізації управління в

екстремальних ситуаціях, оцінювання рівня загроз на термінальних інтервалах формування і прийняття рішень для цільового управління, оцінка ризиків при помилках в стратегічних рішеннях.

У статтях [14,15] розглянуто інформаційні технології розробки методів забезпечення когнітивної стійкості процесів оперативного управління для персоналу на всіх рівнях ієрархії складних систем.

Проблему підвищення якості процесів управління в складних системах з ієрархічною структурою, інтелектуалізацією контролю ситуацій, знаневі особливості прийняття рішень, синтез робастних стратегій управління, когнітивні особливості процесу мислення оператора АСУ, комплексні моделі управління енергоактивними об'єктами в умовах загроз та інформаційних активних атак розглянуто в працях [16-24].

У монографіях [24, 25] досліджено інформаційні та логіко-когнітивні технології для реалізації процесів управління в умовах дії активних загроз та термінальних надзвичайних ситуаціях.

Проблему кібербезпеки на підставі логіко-когнітивних методів, інформаційних та інтелектуальних технологій обробки потоків даних та сценаріїв подій в інфраструктурі з врахуванням рівня ризиків з використанням категорних моделей представлення організації складних техногенних виробництв проаналізовано в статтях [26, 27].

У працях [28, 29] розглянуто проблеми якості управління та методи оцінки ризику в інформаційних і управлінських системах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливим у процедурі пошуку способу розв'язання проблем є здобування даних і моделі виявлення знань в активному діагностичному та експертному режимі, виявлення їх логічної і когнітивної структури [1]. Наступним кроком є виділення об'єкта управління з середовища техногенної системи та означення його границь, функціональної та інформаційної структури [2], побудова формалізованої моделі, оцінка її адекватності, виявлення граничних, аварійних режимів та відповідно спостережуваності й керованості. Відповідальною процедурою є схема агрегування об'єкта та побудова математичної моделі ієрархії ресурсної й інформаційної компоненти системи у вигляді схеми структуризації

відношень (матриці зв'язку, графи, сітки Петрі) [2], моделі Сааті, а також n -рівневої моделі оцінки локальних і глобальних пріоритетів.

При цьому маємо ієрархії прямого і оберненого процесу [2]:

Прямий процес планування майбутнього:	Обернений процес як програма управління
Макроцілі Фактори Сила факторів Оператори (ОПР) Ціль оператора Політика команди Контрастні сценарії Узагальнений сценарій подій, який веде до необхідного результату	Бажані сценарії досягнення мети Проблеми і можливість реалізації локальних цілей Оператори і команди Цілі команди Політика команди Стратегія команди в програмі досягнення мети
Хід подій і реалізація траєкторії руху до цілі системою	План дій для досягнення мети та його реалізація

Наступним етапом є ієрархія процедур впорядкування етапів планування дій та структуризації системи управління відповідно до глобальної цілі [2, 3].

Відповідно до глобальної цілі проводяться такі етапи [2,3]:

- систематичний аналіз проблеми та її формалізація, виявлення критичних зон в просторі цілей і станів об'єкта;
- декомпозиція проблеми і побудова сценаріїв можливих подій;
- вибір засобів досягнення мети як локальної, так і глобальної, відповідне шкалювання простору цілей для його структуризації;
- методи і моделі оцінки ситуації в системі як основний засіб виявлення інформаційної структури процесів в системі та логіки прийняття рішень;
- виявлення логічного протиріччя в процесах формування рішень і оцінки динамічних ситуацій;

- врахування причинних зв'язків в сценарії розгортання подій та побудова категорій як способу відображення інформаційних структур;
- побудова стратегій координуючих дій команди та оцінки рівня їх взаємодії в умовах ризику;
- відповідно аналіз ступеня координованості їх дій в умовах реалізації плану дій та способи розв'язання конфліктів на всіх рівнях інтегрованої ієрархічної автоматизованої системи управління (ІАСУ);
- побудова стратегій координації за інформаційною та нормативною базою і побудова відповідних алгоритмів з обґрунтуванням їх логічної структури.

Відповідно до ситуації, яка склалася, наведено опис ієрархічних структур організації для реалізації цільових завдань з врахуванням активних атак і загроз та когнітивною компонентою оператора.

1. Математичний і системний апарат опису структур.

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

Означення. 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 в системі описуються у вигляді операторів.

Оператор проектування зв'язків компонент системи.

Для двох заданих систем $S_1 \subset X_1 \times Y_1$ і $S_2 \subset X_2 \times Y_2$ вводиться оператор проектування представлення, що визначає клас подібності структур:

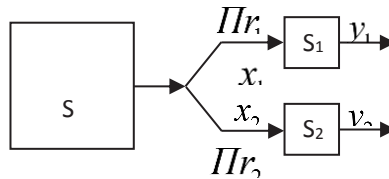
$$Pr_1 : (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2) \rightarrow (X_1 \times Y_1),$$

$$Pr_2 : (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2) \rightarrow (X_2 \times Y_2),$$

Відповідно можна провести незалежну декомпозицію S на дві підсистеми незв'язаного виду на підставі процедури проектування в $S_1 \rightarrow S$:

$$\begin{aligned}
 S &\subset (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2), \\
 S_1 &= \text{Pr}_1(S) \text{ i } S_2 = \text{Pr}_2(S), \\
 \text{Pr}_1 &: (X_1, X_2, Y_1, Y_2) = (X_1 \times Y_1), \\
 \text{Pr}_2 &: (X_1, X_2, Y_1, Y_2) \rightarrow (X_2 \times Y_2).
 \end{aligned}$$

з просторами станів, об'єктами управління (OU_i), системи управління (SU_i), інформаційними структурами (IS_i) та параметрами режиму (Y_i)



Оператор каскадної декомпозиції систем та їх функціональні організації.

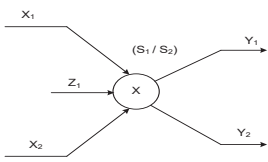
Згідно з рис. 1 процедура декомпозиції є підставою виділення функціональних блоків з відповідними характеристиками та функціями.

П1 – функціональні перетворення ($f : X \rightarrow Y$), які визначають ресурсні, технологічні, вимірювальні перетворення, виконавчі команди дії, однокрокові операції.

П2 – каскадне з'єднання в технологічній агрегатній структурі, інформаційно–вимірювальні операції

$$S_1 : X_1 \rightarrow Y_1 \rightarrow S_2 : (Y_1^* \oplus Y_2^*) \} \text{SitIIS}$$

П3 – Модель адативної та мультиплікативної взаємодії в ході технологічних та інформаційних операцій.



$$\begin{aligned}
 (X_1, X_2) &\rightarrow (S_i) \rightarrow Y_i \\
 S_i &: (X_1 \otimes X_2) \rightarrow Y_i \\
 S_i &: (X_1 \oplus X_2) \rightarrow Y_i
 \end{aligned}$$

П4 – структура системи із зворотнім зв'язком (інформація, управління).

П5 – комбінація структурних компонент із гібридним зворотним зв'язком.

П6 – блоки виконання математичних операцій в інформаційних та управлінських підсистемах.

Будь-яка система $S \subset X \times Y$ допускає декомпозицію у вигляді каскадної структури, якщо виконуються умови щодо функцій.[5, 6]:

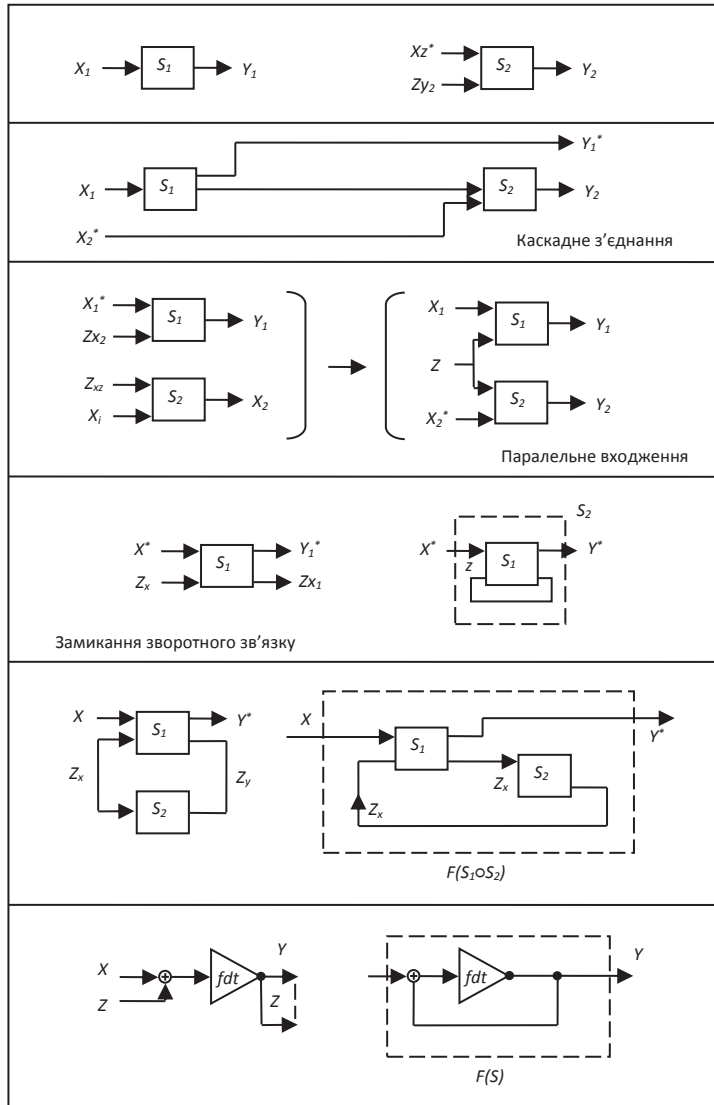


Рисунок 1 Базові структурні компоненти агрегації системи

Декомпозиція інфраструктури системи забезпечує відповідне представлення для відображення технологічних процесів, інформаційних та управлінських операцій, представлення факторів загроз та інформаційних атак. Відповідно до структур виділимо функціональні операційні елементи (рис.1):

1. Перетворення матеріальних та енергетичних ресурсів (агрегати, енергоблоки) в продукт $(M_R \rightarrow A_T(M_R) \rightarrow PR_T)$.

2. Перетворення потоків даних в інформаційний ресурс на підставі операцій обробки даних $\{D_i\} \rightarrow A_i(\{D_i / T_m\}) \rightarrow I(D_i)$.

3. Перетворення інформаційного ресурсу і потоків даних в когнітивну знаневу структуру для інтерпретації змісту ситуації $(\{D_i\}, (I(D_i))) \xrightarrow{T_i} A_{cogn}(I(D_i)) \xrightarrow{T_i} Sens[Sit(t, T_i)]$.

4. Перетворення інтелектуального та інформаційного ресурсу в управлінські дії на підставі цілеорієнтованих стратегій $Sens[Sit_{out}(t_i, T_i)] \xrightarrow{StratU} (C_i) \rightarrow D_i(U_i / C_i)$.

Відповідно до компонент структури формуються моделі динаміки

$$((x, x') \in E_x) \Leftrightarrow S(x) = S(x'),$$

$$((y, y') \in E_y) \Leftrightarrow (y)S = (y')S,$$

з канонічними відображеннями перетворень у вигляді ланцюга передачі інформаційних і управлінських операцій:

$$\boxed{(x \rightarrow [S] \rightarrow y) \rightarrow (x \rightarrow [Y_x] \xrightarrow{x/Ex} [S'] \xrightarrow{y/Ey} [Y_y^{-1}] \rightarrow y)},$$

Відповідно координати перетворення параметрів стану будуть задаватись згідно з управлінськими діями:

$$Y_x : X \rightarrow X / Ex,$$

$$Y_y : Y \rightarrow Y / Ey,$$

$([y], y) \in Y_y^{-1} \Leftrightarrow [y] = Y_y(y)$ – визначають перетворення параметрів просторів стану системи S при дії управлінських дій на об'єкт, і тоді $U_i : X_i(t_i) \rightarrow U_i(t_i + \tau_j, U_i) \in Y(t_i + \tau_i)$ – вихідний стан.

2. Автономність функціональних систем, які входять в структуру ієрархічної організації.

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 [1, 2, 7]:

- на виявленні розходження реальної і цільової траєкторії в просторі станів енергоактивного об'єкта і системи керування;
- оцінці ступеня розходження траєкторій стану об'єкта;
- класифікації розходження траєкторій, яка ґрунтується на розбитті простору цілей на альтернативні області (NORMA, ALARM, AVAR);
- оцінці ситуації згідно з класифікацією та синтезом управлінських дій, згідно зі стратегією досягнення мети, що забезпечує вихід в цільову область системи управління в умовах дії загроз.

Розглянемо деякі аспекти функціональності систем.

3. Концепція функціональності Месаровича [2] складних систем (категорні моделі структур).

Розглянемо систему $S \subset (X \times Z_3) \times (Y_1 \times Z_4)$, 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 $(X \times Z_x) \times Y$.

Структура системи керування зі зворотним зв'язком має представлення згідно з рис. 2.

Визначимо додаткові властивості систем зі зворотним зв'язком відповідно до [3]:

1. Функціональна система $F_s(S_f): X \rightarrow Y$ взаємо-однозначна, якщо виконується низка умов щодо структури, цілей, стратегій:

а) умова цільової функціональності

$$(F_{ci}): [\exists S_f : (Y) \rightarrow Z_x] \Rightarrow (S_f \mathcal{G} F_s(S_f));$$

б) функціональність систем визначається відповідно до цілей

$$((X, Z, Y) \in S) \mathcal{G}((X', Z, Y) \in Z) \Rightarrow (X = X') \quad -$$

однозначність.

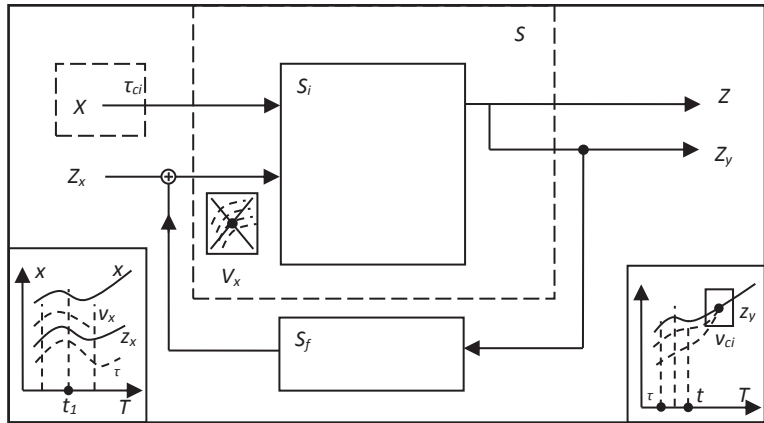


Рисунок 2 Структура системи зі зворотним зв'язком

2. Система $S \subset (X_1, x, \dots, x, X_n)$ – функціонально керована, якщо виконується умова відповідності цілей структурі та стратегій:

$$(\forall_y \in Y)(\exists_x \in X)((x, y) \in S). \rightarrow \exists(\text{StrukSU}, \text{Strat}(U/C_i))$$

3. Багатомірна система буде автономною в результаті замикання зворотного зв'язку тільки тоді, якщо виконується умова структурної та інформаційно-управлінської стійкості протидії факторів загроз комплексного типу (адитивні і мультиплікативні моделі).

Відповідно одержимо опис динамічного стану

$$\forall S(S \subset (X_1, \dots, X_n) \times Z_x \times (Y_1, \dots, Y_n)),$$

$$\exists S_f(S_f \subset (Y_1, \dots, Y_n) \times Z_x), \text{ якщо:}$$

$$F(S_0 \square S_f) = (S_1 + S_2 + \dots + S_n), \text{ де}$$

$S_i \subset (X_i \times Y_i)$ – функціонально керовані в 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 $(y_i, j \neq i)$ управлінська дія не впливає [4]. на зміну стану системи з цільовою стратегією.

Функціональна керованість системи означає, що відповідно вибрана вхідна управлінська дія $(X/U/Start U(C_i))$, згідно зі стратегією цільового управління може вивести систему в цільову область (V_{C_i}) , тобто для $\forall F_i(t_i), \exists(U_i)$:
 $\exists Start (U_i / C_i); \exists X \equiv U_i; U_i : X \rightarrow Y_i \in V_{C_i} \rightarrow [SitNORMA]$

Автономність функціонування системи енергоактивного типу .

Якщо S – багатомірна функціональна система

$$S : (X_x Z_z) \rightarrow Y, X = (X_1 \times \dots \times X_n) \text{ і} \\ Z_x = (Zx_1 \times \dots \times Zx_n), Y = (Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n),$$

тоді існує зворотний зв'язок, заданий у вигляді структури S_f , тоді вона автономна і представлена у вигляді параметричного $(X^n \times T)$ опису:

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

де $S_f : Y \rightarrow Z_x$ – підструктура, яка забезпечує автономність системи.

Для реалізації операції змішання вхідного сигналу з сигналом зворотного зв'язку вводиться елемент Н, який є операцією $A_H(+, -, K_n)$ позитивного і негативного зв'язку та реалізує вхідний каскад системи зі зворотним зв'язком (Рис. 4), який представляє динаміку зміни траєкторії стану (y – параметр, $y(t_i) \in Y, t_i \in T_m$ енергоактивного об'єкта за рахунок впливу загроз або інформаційної дезорієнтації на процес управління.

Відповідно до цільового завдання формується структурна схема автоматичної слідкуючої системи зі зворотним інформаційним зв'язком, які передає сигнали зміни стану об'єкта при дії вхідного управляючого сигналу та завади на функціонування об'єкта управління (рис.3)

$$[X \otimes (Z - V_n)] \rightarrow (S_o) \rightarrow (Y_i, Z_i) \rightarrow (Стан) \\ V_K = [A(S_i) \otimes Z_i] \rightarrow (зміщення..траєкторії)$$

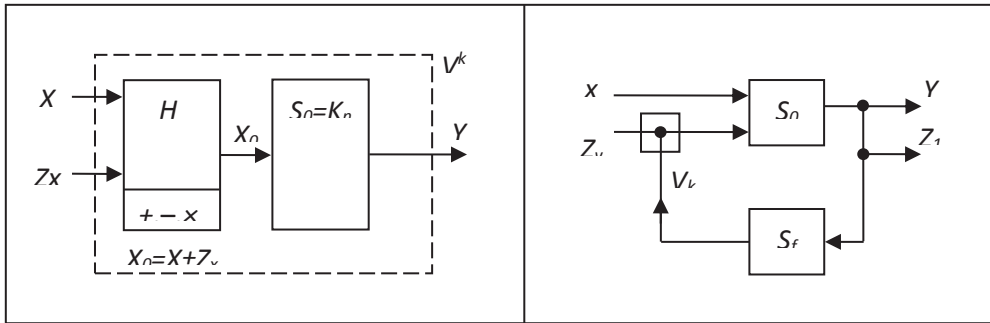


Рисунок 3 Структура системи зі зворотним зв'язком

Для забезпечення функціональної стійкості виконується умова стабілізація траєкторії згідно заданих умов:

$$\begin{aligned}
 & (\forall x \in X, \forall x_0 \in X_0, \exists z \in Z_x) : [X_0 = H(x, z)], \text{ та} \\
 & [H(x, z) = H(x', z)] \Rightarrow (x = x'), \\
 & [H(x, z) = H(x_1, z_1)] \Rightarrow (z = z'), \\
 & \forall \hat{y}, \exists (\hat{x}, \hat{z}) : (\hat{y} = (H \square S_0)(\hat{x}, \hat{z})), \\
 & \forall \hat{y}, \exists (\hat{X}_0) : (\hat{y} = S_0(\hat{X}_0)).
 \end{aligned}$$

3. Термінальні динамічні системи енергоактивного класу.

Термінальні динамічні T_m -системи функціональні і за рахунок внутрішнього вироблення управлінських дій, визначаються на основі представлення у вигляді логічної структури [14, 15, 16]

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

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

Для таких систем однозначність функціональності визначається згідно з умовою стійкості управління і адекватності структури цілям:

Якщо $\exists S, S \subset (x \times Z_x) \times Y$ – система, тоді відповідно до цілей

$\exists strat U/C_i$

$$\exists S_f, S_f \subset (Y \times Z_x) \mathcal{G}F(SOS_f) = F_s(S_f) \text{ - визначас, що}$$

є функціональною і неупередженою, тоді рівняння траєкторії має вид:

$$\forall z \in T, (\exists(x, y, z) \in S) \mathcal{A}((\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) \in S) \mathcal{A}((z, y) | \bar{T}^z = (\hat{z}, \hat{y}) | \bar{T}^t) \Rightarrow (x | \bar{T}^t = \hat{x} | \bar{T}^t)$$

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

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

З проведеного вище аналізу будови, функціональності ієрархічних систем та впливу зовнішніх і внутрішніх загроз на режими управління, можна зробити висновок щодо підготовки оперативного персоналу та його знань.

Сучасний розвиток науки про інтелект ґрунтується [4] на трьох аспектах когнітивного функціонування, які не враховувались в IQ-концепції відповідно до компетентності (усвідомлена база знань); прагматичності процедур мислення; розумового потенціалу для розв'язання проблем.

Блоки знань необхідні для виконання професійно-орієнтованої діяльності формуються в процесі навчання та виробничої діяльності на підставі впорядкування набутих в минулому та нових знань.

Градація етапів накопичення знань:

1. якість шкільної освіти як базова для професійної орієнтації;
2. технічна освіта (професійні училища, коледжі, робочі курси);
3. інженерна та університетська освіта за напрямом спеціалізації кожного студента;
4. професійна діяльність у вибраному напрямку та оцінка сумісності з вимогами до ефективності та відповідальності;
5. професійна робота вищого рангу, розуміння самостійності навчання стажування, докторантура для посад стратегічного рівня.

Відповідно етапів накопичення знань ми можемо побудувати таблицю інформаційної та когнітивної придатності оперативного персоналу (табл. 1).

Таблиця 1.

Інформаційна та когнітивна придатність оперативного персоналу

№ п/п	Індекс когнітивної придатності	KF	α_{risk}
1	Здатність виконувати активні дії щодо управління (ZAd)	0.55-1.5	$\alpha_r < 0.2$
2	Цілеорієнтованість до розпізнавання ситуації ($CSitIIS$)	0.85-1.5	$\alpha_r < 0.25$
3	Вплив активних факторів атак та загроз ($Rek (AF)$)	0.65-1.5	$\alpha_r < 0.5$
4	Співвідношення до цілеорієнтованої діяльності під дією загроз (CDi)	0.75-1.5	$\alpha_r < 0.3$
5	Множинні цільові альтернативи для вибору дій ($C(Di)$)	0.95-1.5	$\alpha_r < 0.25$
6	Розроблення стратегії для ліквідації загроз ($VStrarU$)	0.85-1.5	$\alpha_r > 0.5$
7	Когнітивний вибір послідовних дій для цілеорієнтації та ліквідації атак ($KSv(Ci)$)	0.75-1.5	$\alpha_r > 0.5$
8	Цільовий вибір способу дій при атаці $IISv(Ci)$	0.85-1.5	$\alpha_r < 0.2$
9	Свідома оцінка ризиків при загрозі життю α_{risk}	0.75-1.5	$\alpha_r < 0.25$
10	Формування послідовних дій в системі під дією загроз ($FIcon Sit$)	0.65-1.5	$\alpha_r > 0.5$

11	Вибрання способу протидії при інформаційних атаках та усвідомлення сутності ситуації ($Sens (Icon)$)	0.75-1.5	$\alpha_r > 0.5$
12	Усвідомлення сутності образу цільової ситуації при атаках ($Sens (Ci)$)	0.75-1.5	$\alpha_r > 0.5$
13	Активна протидія при впливі загроз на цілеорієнтовані операції. ($Di(Ci/Ui)$)	0.55-1.5	$\alpha_r > 0.5$
14	Впевненість оператора в своїх діях ($K_V sp$)	0.85-1.5	$\alpha_r > 0.2$
15	Комплексна впевненість оператора в знаннях та його інтелект ($S_g K_V(A_i)$ $ZpK_V(A_j)$)	0.7-1.5 0.65-1.5	$\alpha_r > 0.2$ $\alpha_r > 0.3$
16	Самовпевненість оператора у своїх знаннях ($SK_V(A_i)$)	0,85-1,5	$\alpha_r > 0.5$
17	Професійна самовпевненість оператора ($S_Z K_V(A_i)$)	0,85-1,5	$\alpha_r > 0.7$
18	Довіра зовнішніх експертів до особи оператора ($R_d(A_i)$)	0,25-1,5	$\alpha_r > 0.5$
19	Професійна довіра до особи когнітивного агента ($K_{ZP}(A_i)$)	0,25-1,5	$\alpha_r > 0.5$
20	Самовпевненість в здатності розв'язання	0,75-1,5 0,85-1,5	$\alpha_r > 0.8$

	проблеми ($K_{cogn}(A_i)$ $K_{du}(A)$)		
21	Рішучість до дій особи в умовах ризику ($K_d(D_{risk})$ $K_d(D(Ci))$)	0,85-1,5 0,95-1,5	$\alpha_r > 0.75$

Де (α_{risk}) - оцінка ризиків, (K_d) - коефіцієнт когнітивної довіри, (K_v) - коефіцієнтів вимог до рівня знання.

Висновок. У статті розглянуто певні аспекти використання логічних та інтелектуальних процедур, що складають основу схеми синтезу ієрархічних систем управління.

На основі побудови ієрархічних систем з різною функціональною будовою запропоновано підхід з використанням логіки дій та теорії ситуаційного управління, розроблено моделі структури систем активного управління технологічними процесами в умовах дії на об'єкти динамічних збурень як системного, структурного, так і когнітивно-інформаційного типу.

Обгрунтована концепція цілеорієнтації та координації логіко-когнітивної моделі формування управлінських рішень системного з ієрархічною структурою в умовах дії загроз та інформаційних атак, як базис синтезу робастних стратегій прийняття рішень в кризових аварійних ситуаціях.

Список використаних джерел

1. Boy G. The handbook of human-machine interaction: A human-centered design approach. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011. doi: 10.1201/9781315557380
2. Kendall, Kenneth E., and Julie E. Kendall. "Systems Analysis and Design." 10th Edition. Prentice Hall, 2020. 56 p.
3. Henly J., Kimamoto H. Reliable technical system design and risk assessment; High School, Kyiv, Ukraine, 1987; 544 p.
4. Сікора Л. С. Системологія прийняття рішень в складних технологічних структурах. Львів.: Каменяр, 1998. 453 с.

5. Ткачук Р. Л., Сікора Л. С. Логіко-когнітивні моделі формування управлінських рішень інтегрованими системами в екстремальних умовах: посібник. Львів: Ліга-Прес, 2010. 404 с.
6. О'Коннор Д., Макдермат І. Системне мислення та пошук неординарних творчих рішень. Київ: Формат «Наш», 2018. 195 с.
7. Микитин Г. В., Дудикевич В. Б., Бобало Ю. Я. Стратегічна безпека системи «об'єкт – інформаційна технологія». Львів: НУ«ЛП», 2019. 580 с.
8. Хорошко В. О., Бобало Б. Я., Дудикевич В. Б. Проектування комплексних систем захисту інформації. Львів: НУ«ЛП», 2020. 320 с.
9. Дурняк Б. В., Сікора Л. С., Лиса Н. К., Ткачук Р. Л., Яворський Б. І. Інформаційні та лазерні технології відбору потоків даних та їх когнітивна інтерпретація в автоматизованих системах управління: монографія. Львів: Українська академія друкарства, 2017. 648 с.
10. Дурняк Б. В., Сікора Л. С., Антоник М. С., Ткачук Р. Л. Когнітивні моделі формування стратегій оперативного управління інтегрованими ієрархічними структурами в умовах ризиків і конфліктів: монографія. Львів: Українська академія друкарства, 2013. 449 с.
11. Юринець Є. В. Юринець Р. В. Автоматизовані інформаційні системи і технології. Львів: Вид ЛНУ ім. Ів. Франка, 2012. 698 с.
12. Tattam, D.: A Short Guide to Operational Risk. Routledge, 1st edn. (2011). <https://doi.org/10.4324/9781315263649>
13. Watt, R.: Visual Processing: Computational, Psychophysical, and Cognitive Re-search: Computational Psychophysical and Cognitive Research. Psychology Press, 1 stedn. (1988). <https://doi.org/10.4324/9781315785080>
14. Wiggins, M. W.: Introduction to Human Factors for Organisational Psychologists. CRC Press, 1 stedn. (2022). <https://doi.org/10.1201/9781003229858>
15. Yu, P.: Multiple-criteria decision making: concepts techniques and extensions. New-York-London: Plenum Press (1985). <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8395-6>.
16. H. Yousef, Power system load frequency control: Classical and

- adaptive fuzzy approaches. Boca Raton, FL: CRC Press, 2017. doi: 10.1201/9781315166292
17. P. Melin and O. Castillo, Modelling, simulation and control of non-linear dynamical systems: An intelligent approach using soft computing and fractal theory. Boca Raton, FL: CRC Press, 2019. doi: 10.1201/9781420024524
18. Balyk, V.M., Thuong, N.Q. Statistical synthesis of the principle of rational organization of a complex technical system. In: 2019 International Conference on Engineering and Telecommunication (EnT). pp. 1-4 (2019). <https://doi.org/10.1109/EnT47717.2019.9030569>.
19. Bhise, V.D.: Decision-Making in Energy Systems. CRC Press, 1st edn (2021). <https://doi.org/10.1201/9781003107514>.
20. L. Sikora, R. Tkachuk, N. Lysa, I. Dronyuk, O. Fedevych, Information and logic cognitive technologies of decision-making in risk conditions, in: Proceedings of the 1st International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security, IntellTSIS 2020, Khmelnytskyi, Ukraine, 2623 (2020) 340-356.
21. L. Sikora, R. Tkachuk, N. Lysa, I. Dronyuk, O. Fedevych, R. Talanchyk, Information-resource and cognitive concept of threat's influence identification on technogenic system based on the cause and category diagrams integration. IntellTSIS 2021, Proceedings of the 2nd International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security with CEUR-WS Khmelnytskyi, Ukraine, 2853 (2021) 498-516.
22. Орел С., Мальований М. Ризики. Львів: Національний університет «ЛІП», 2008.
23. M. Groover, Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. 4th ed. London, UK, Pearson, 2013.
24. Sikora, L., Lysa, N., Martsyshyn, R., Miyushkovych, Y., Tkachuk, R., Durnyak, B.: Information technology of laser measurement system creation for automated control dynamics of glue drying in polygraphy. In: 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). vol. 1, pp. 89-92 (2018). <https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2018.8526683>
25. Demri, S., Goranko, V., & Lange, M.: Temporal Logics in Computer

- Science, Cambridge: Cambridge University Press. 752 p. (2016).
26. I. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza, B. Xu, D. Warde-Farley, S. Ozair, A. Courville, Y. Bengio. Generative adversarial nets: in Advances in neural information processing systems, NIPS Foundation, Montreal (2014) 2672–2680.
27. Sikora L., Tkachuk R., Lysa N. Dronyuk I., Fedevych O. Information technologies of formation of intellectual decision-making strategies under conditions of cognitive failures. 1st International Workshop on Computational & Information Technologies for Risk-Informed Systems (CITRisk – 2020). Cherson, Ukraine, October 15-16, 2020. Vol. 2805, pp. 233-254.
28. Girdhar, Management information systems. New Delhi Oxford University Press, 2013.

REFERENCES

1. Boy G. (2011). The handbook of human-machine interaction: A human-centered design approach. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press. (in English)
2. Kendall K. E., and Kendall J.E. (2020). Systems Analysis and Design. 10th Edition. Prentice Hall. (in English)
3. Henly J., Kimamoto H. (1987). Reliable technical system design and risk assessment; High School, Kyiv, Ukraine, 544 p. (in English)
4. Sikora L. S. (1998). Systemolohiia pryiniattia rishen v skladnykh tekhnolohichnykh strukturakh . Lviv.:Kamenyar. (in Ukrainian)
5. Tkachuk R. L., Sikora, L. S. (2010). Lohiko-kohnityvni modeli formuvannia upravlinskykh rishen intehrovanymy systemamy v ekstremalnykh umovakh: [posibnyk] – Lviv: Liga-Press. (in Ukrainian).
6. O'Connor D., McDermat I. (2018) Systemne myslennia ta poshuk neordynarnykh tvorchykh rishen. Kyiv: Nash format, 2018. (in Ukrainian)
7. Mykytyn G.V., Dudykevych V.B., Bobalo Y.Y. (2019). Stratehichna bezpeka systemy «obiekt – informatsiina tekhnolohiia». National University "LP" PH, Lviv. (in Ukrainian)

- 7.—
8. Khoroshchko V.O., Bobalo B.J., Dudykevych V.B. (2020). Proektuvannia kompleksnykh system zakhystu informatsii. NU "LP" PH, Lviv. (in Ukrainian)
 9. Durniak B. V., Sikora L. S., Lysa N. K., Tkachuk R. L., and Yavorsky B. (2017). Informatsiini ta lazerni tekhnolohii vidboru potokiv danykh ta yikh kohnityvna interpretatsiia v avtomatyzovanykh systemakh upravlinnia : monohrafiia. Lviv: Ukrainian Academy of Printing. (in Ukrainian)
 10. Durniak B. V., Sikora L. S., Antonyk M. S., Tkachuk R. L. (2013). Kohnityvni modeli formuvannia stratehii operatyvnoho upravlinnia intehrovanymy hierarkhichnymy strukturamy v umovakh ryzykiv i konfliktiv : monohrafiia. Ukrainian Academy of Printing PH, Lviv. (in Ukrainian)
 11. Yurynets E.V., Yurynets R.V.(2012). Avtomatyzovani informatsiini systemy i tekhnolohii. Lviv. View of LNU. Ivan. Franko. (in Ukrainian)
 12. Tattam D. (2011). A Short Guide to Operational Risk; 1st edn. Routledge, London, UK. <https://doi.org/10.4324/9781315263649>. (in English)
 13. Watt R. (1988). Visual Processing: Computational, Psychophysical, and Cognitive Research: Computational Psychophysical and Cognitive Research; 1st edn., Psychology Press, London, UK. <https://doi.org/10.4324/9781315785080>. (in English)
 14. Wiggins M.W. (2022). Introduction to Human Factors for Organizational Psychologists; Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, USA, <https://doi.org/10.1201/9781003229858> (in English)
 15. Yu P. (1985). Multiple-criteria decision making: concepts techniques and extensions; Plenum Press, New-York-London, USA-UK. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8395-6>. (in English)
 16. Yousef H. (2017). Power system load frequency control: Classical and adaptive fuzzy approaches. Boca Raton, FL: CRC Press. doi: 10.1201/9781315166292. (in English)
 17. Melin P. and Castillo O. (2019). Modelling, simulation and control of

- non-linear dynamical systems: An intelligent approach using soft computing and fractal theory. Boca Raton, FL: CRC Press. doi: 10.1201/9781420024524. (in English)
18. Balyk V.M., Thuong N.Q. (2019). Statistical synthesis of the principle of rational organization of a complex technical system. In Proceedings of the 2019 International Conference on Engineering and Telecommunication (EnT), 20-21 November 2019, pp. 1-4. <https://doi.org/10.1109/EnT47717.2019.9030569>. (in English)
 19. Bhise V.D. (2022). Decision-Making in Energy Systems. Boca Raton, FL: CRC Press, USA. <https://doi.org/10.1201/9781003107514> (in English)
 20. Sikora L.S., Tkachuk R.L., Lysa N.K., Dronyuk I.M., Fedevych O.Yu. (2020). Information and logic cognitive technologies of decision-making in risk conditions, in: Proceedings of the 1st International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security, IntellTSIS 2020, Khmelnytskyi. (in English)
 21. Groover M. (2013). Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. 4th ed. London, UK, Pearson. (in English)
 22. Sikora L., Tkachuk R., Lysa N., Dronyuk I., Fedevych O., Talanchyk R. (2021). Information-resource and cognitive concept of threat's influence identification on technogenic system based on the cause and category diagrams integration. IntellTSIS. Khmelnytskyi. (in English)
 23. Orel S., Maliovanyi M. (2008). Ryzkyk; National University "LP" Lviv. (in Ukrainian)
 24. Sikora L., Lysa N., Martsyshyn R., Miyushkovich Y., Tkachuk R., Durnyak B. (2018). Information technology of laser measurement system creation for automated control dynamics of glue drying in polygraphy. In: 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). <https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2018.8526683> (in English)
 25. Demri S., Goranko V., Lange M. (2016). Temporal Logics in Computer Science, Cambridge, Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139236119>. (in English)
 26. Goodfellow J., Pouget-Abadie M., Mirza B. Xu., Warde-Farley D., Ozair S., Courville A., Bengio Y. (2014). Generative adversarial nets:

- in Advances in neural information processing systems, NIPS Foundation, Montreal. (in English)
27. Sikora L.S, Tkachuk R.L, Lysa N.K., Dronyuk I.M., Fedevych O.Yu., Navutka M.L. (2020). Information technologies of formation of intellectual decision-making strategies under conditions of cognitive failures. In Proceedings of the 1st International Workshop on Computational & Information Technologies for Risk-Informed Systems (CITRisk – 2020). Kherson. (in English)
28. Girdhar. (2013). Management information systems. New Delhi Oxford University Press. (in English)

DOI 10.32403/2411-9210-2023-2-50-98-121

LOGIC OF DECISION-MAKING IN OPERATIONAL EXTREME SITUATIONS FOR MANAGEMENT IN HIERARCHICAL SYSTEMS

L. S. Sikora¹, N. K Lysa¹, B. I.Fedyna², Yu. M. Lysyi²,
O. Ya. Bokhan³

¹ Lviv Politechnic National University
12, S.Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine

² Ukrainian Academy of Printing
19, Piv Holoskom St., Lviv, 79061, Ukraine

³ Kalush Politechnic Professional College
2, B.Khmelnyskyi St., Kalush, 77300, Ukraine

liubomyr.s.sikora@lpnu.ua,

nataliia.k.lysa@lpnu.ua

llusuy@gmail.com,

olexandra_boxan@ukr.net

The relevance of this article is extreme situations that arise suddenly, carry significant risks and require quick decision-making, hierarchical systems, where the structure of subordination is clearly defined, face the challenge of coordinating actions in conditions of limited time and information: the

development of effective decision-making logic in extreme situations is key to minimizing damage and ensuring successful management in hierarchical systems.

The aim of the article is to study and systematize the principles of decision-making in operational extreme situations, to develop a decision-making algorithm for hierarchical systems, taking into account the features of extreme situations, to evaluate the effectiveness of the developed algorithm on the example of modeling.

The methods of this goal solving study are the formalization of the logic of decision-making in extreme situations on the basis of the principles of speed, clarity and decentralization. A decision-making algorithm is developed taking into account the factors of uncertainty, limited time and hierarchical structure, modeling of extreme situations and evaluation of the effectiveness of the developed algorithm.

The article discusses the mathematical and system apparatus for describing structures with subsystems and systems with decomposition with corresponding functional connections in the form of operators. The development of a theoretical basis for decision-making in operational extreme situations is also considered as well as an algorithm for decision-making for hierarchical systems, which will provide fast, clear and decentralized management in extreme situations. Modeling of extreme situations will demonstrate the practical effectiveness of the developed algorithm.

In the analysis of literary sources, it is substantiated that the problem of managing complex systems has not been fully resolved under the influence of structural, informational, psychological threats, the problem of structuring the system as the basis for the formation of target decisions by operational personnel in the face of active threats is relevant in the future.

A mathematical and system apparatus for describing structures with a set of corresponding related components is presented. The functional blocks of the system with the corresponding functions and characteristics such as functional transformations, cascade connection in the technological structure, models of adaptive and multiplicative interaction, systems with feedback and hybrid connections and mathematical operations are presented.

A method for assessing risks in managerial decision-making in hierarchical systems under extreme conditions, taking into account the cognitive components of operators, is developed.

Keywords: *hierarchical system, extreme situations, operator, cognitive models, risks.*

Стаття надійшла до редакції 11.06.2023.

Received 11.06.2023.