

УДК 660:614.8

Ткачук Р. Л., к.т.н. доцент кафедри практичної психології та педагогіки ЛДУ БЖД, м. Львів

Кунченко – Харченко В. І., к.і.н., проф., завідувач кафедри суспільних дисциплін і права ЧДТУ, м. Черкаси

Ткачук Г. В., завідувач сектору НДІ пресознавства ЛННБУ ім. В. Стефаника, м. Львів

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМОЛОГІЯ ПРИЙНЯТТЯ ЦІЛЬОВИХ РІШЕНЬ В ПНО АКТИВНИМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМ АГЕНТОМ

Анотація. Здійснено аналіз проблеми прийняття цільових рішень для управління складними об'єктами на основі концепцій GPS і активного інтелектуального агента як цілевиконуючої системи в структурі інтегрованих автоматизованих систем управління.

Розглянуто взаємодію теорій штучного інтелекту, методів GPS, теорії активного інтелектуального агента у формуванні стратегій прийняття управлінських рішень.

Аннотация. Осуществлено анализ проблемы принятия целевых решений для управления сложными объектами на основании концепций GPS и активного интеллектуального агента как целеисполняющей системы в структуре интегрированных автоматизированных систем управления.

Рассмотрено взаимодействие теорий штучного интеллекта, методов GPS, теории активного интеллектуального агента в формировании стратегий принятия управленческих решений.

Annotation. The article studies the analysis of the problem of making targeted solutions to manage complex objects based on the concepts of GPS and active intelligent agent as goal making system structure of the integrated automated control systems. The interaction of theory of artificial intelligence techniques GPS, theory of active intelligent agent in shaping decision-making strategies is described.

Ключові слова: управління, експертні системи, штучний інтелект, інтелектуальний агент, цілеорієнтовані рішення, процедури розв'язання задач.

Ключевые слова: управление, экспертные системы, искусственный интеллект, интеллектуальный агент, целенаправленные решения, процедуры решения задач.

Key words: management, expert systems, artificial intelligence, intelligent agent, goal-oriented decisions, procedures for solving tasks.

Актуальність. Проблема прийняття рішень в ієрархічних організаційно-виробничих системах характеризується як ігровою компонентою, так і чіткими процедурами прийняття рішень в управлінні режимом функціонування технологічних процесів (ТП) і організаційно-адміністративними структурами (ОАС), як в нормальних так і в екстремальних умовах.

Проблеми можна розділити на:

- створення нових інтелектуальних систем управління процесами функціонування автономних систем управління (АСУ) ТП і ОАС;

- діагностику режимів функціонування існуючих АСУ, оптимізацію і адаптацію при дії збурень і загроз та зміні їх цілеорієнтації;
- реконструкцію і модернізацію на основі корпоративних систем управління;
- синтез ігрових безконфліктних стратегій прийняття рішень на ринках ресурсів і продукції.

Для побудови відповідних стратегій поведінки та синтезу архітектури АСУ необхідно проводити концептуальний аналіз інструментів проектування [5].

Класифікація інтелектуальних інформаційних систем управління.

Наведемо класифікацію інтелектуальних інформаційних систем (ІС):

- експертні системи «Особа, що приймає рішення ↔ інтелектуальний агент управління ↔ експертна система зі штучним інтелектом» (ОПР ↔ ІА ↔ ЕСШ), які взаємодіють;
- проблемно орієнтовані експертні системи з використанням штучного інтелекту для обробки та класифікації даних;
- інтелектуальні інформаційні системи ситуаційного управління;
- розрахунково логічні моделюючі системи динаміки потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) – об'єктів проектування;
- системи САПР – інтелектуальні системи автоматизованого управління;
- інтелектуальні роботи для автоматизованого виробництва;
- інтелектуальні навчальні системи в структурі університетів;
- інтелектуальні тренажери для спеціальної підготовки;
- інтелектуальні агенти як цілеорієнтовані структури в ієрархічних системах;
- інтелектуальні консультанти в інтегрованих корпораціях;
- інтелектуальні корпоративні мережі для ієрархічних систем.

Проблемна область і типи розв'язуваних задач, які можуть виконати ІС [2, 3]:

- діагностика несправностей складних систем і програмних продуктів;
- конструювання систем із заданими властивостями з врахуванням обмежень на ресурси та інформаційні потоки і структуру даних;
- планування цілеспрямованої послідовності дій для реалізації стратегій;
- спостереження ситуацій і розпізнавання та класифікація образів;
- управління об'єктом згідно із заданими стратегіями.

Наведемо структурну схему взаємодії інтелектуальних систем (ІС) (Рис. 1). В структуру входять такі компоненти:

- F_i – джерело збурень;
- OU – об'єкт управління ($ДЖ_R$ – джерело ресурсів, $AP_{ТП}$ – активний реактор технологічного процесу, $ІВС$ – інформаційно-вимірювальна система);
- $АСУ-ТП$ – автоматичні системи управління технологічним процесом;
- $(RR - RP)$ – ринки ресурсів і продукції;

- AIA_E – активний інтелектуальний агент як особа-експерт в предметно-орієнтованій області;
- $BЗ$ – база знань про предметну область;
- UIA – управляючий інтелектуальний агент – особа, координуюча стратегію поведінки АСУ-ТП;
- $БД$ – база даних ТП;
- $ICЗД$ – інформаційна система збору даних;
- $IA_E - III$ – інтелектуальний агент-експерт зі штучним інтелектом.

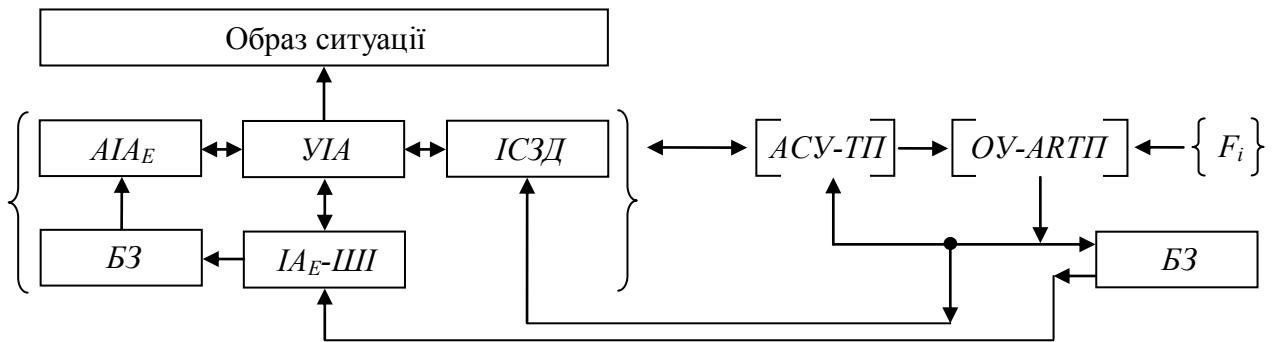


Рис. 1. Структурна схема взаємодії інтелектуальних систем

Така комплексна інтелектуальна структура виконує функцію управління об'єктом з певним типом технологічного процесу $\{ТП_j \leftarrow F_i\}$, на який діють збурюючі фактори із зовнішнього середовища та динаміка зміни параметрів $RR - RP$ ринкового середовища. Задачею системи є утримання об'єкта в цільовій області функціонування. Для ефективного розв'язання задач управління необхідно, щоб структура процедур прийняття рішень і структура даних мали спряжене, узгоджене, формалізоване, логіко-математичне та інформаційне представлення (Рис. 2).

Задача, в загальному випадку – це ситуація з невизначеністю, що спонукає цілеспрямовані дії інтелектуальної системи для досягнення визначеної мети в даний момент інтервалу часу на основі апробованих стратегій, методів, алгоритмів і процедур їхнього розв'язання.

Ціль в такій системі закодована в розв'язуючій системі (IRZ – інтелектуального розв'язувача задач). Тоді вона виступає як опис вимог до стану системи, в якій сформована задача. IRZ характеризується алгоритмом функціонування і процедурою пошуку стратегії розв'язання проблеми, задачі та ситуації.

На важливу роль інформаційних технологій для створення процесів і процедур розв'язання задач, які виникають при проектуванні схеми в наукових дослідженнях та видавничих і організаційних системах, вказав у своїх працях В. М. Глушков [6]. Обґрунтовуючи їх автоматизацію на основі використання інформаційних моделей діалогового режиму, логічного виведення, методів генерації гіпотез та прийняття рішення, він вперше визначив роль інтелектуалізації управління в схемах побудови процедур синтезу алгоритмів розв'язання конструктивних задач.

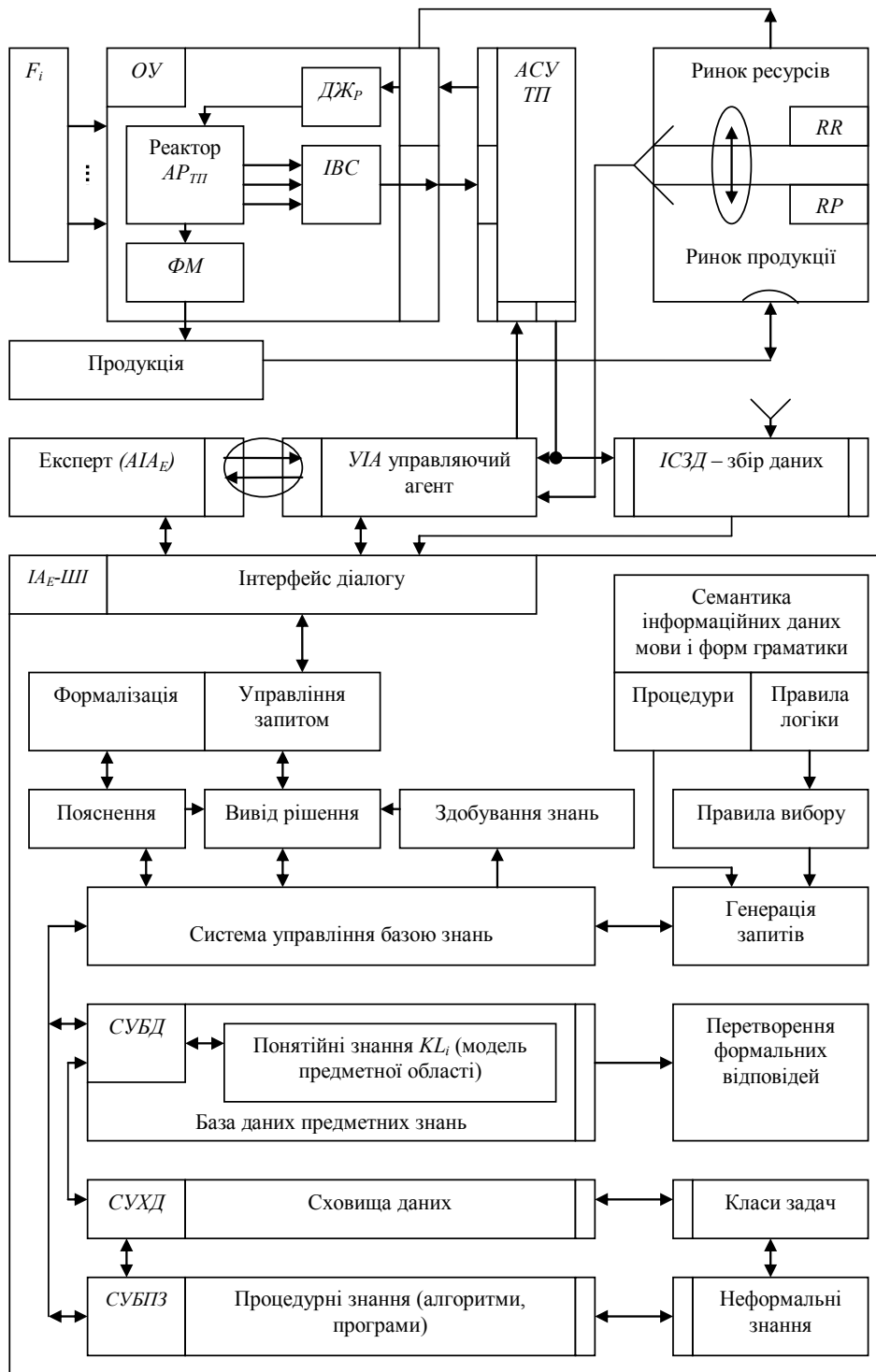


Рис. 2. Схема взаємодії агента зі штучним інтелектом з експертом і управляючим агентом ІАСУ-ТП

Глушков В. М. ввів поняття формуючої і розв’язуючої задачі системи, яку можна трактувати як ІА для розв’язування проблемних ситуацій [1]. При цьому відповідно виділені функціональні призначення (Рис. 3):

- формуюча задачу система як цілеорієнтована інтелектуальна система;
- розв’язуюча система як цілевиконуюча інтелектуальна система синтезу стратегій досягнення мети;
- ЦС – цілеспрямована система;

- взаємодія активних систем ($AS_1 \otimes AS_2$) як генератор проблемних задач і ситуацій, які виникають при розподілі ресурсів;
- інформаційна система як формувач образу ситуацій ($IconSit(t_i \in T_m)$);
- інтелектуальний агент впливу – IA_V , який формує управляючі дії на зміну стратегій поведінки систем AS_1, AS_2 .

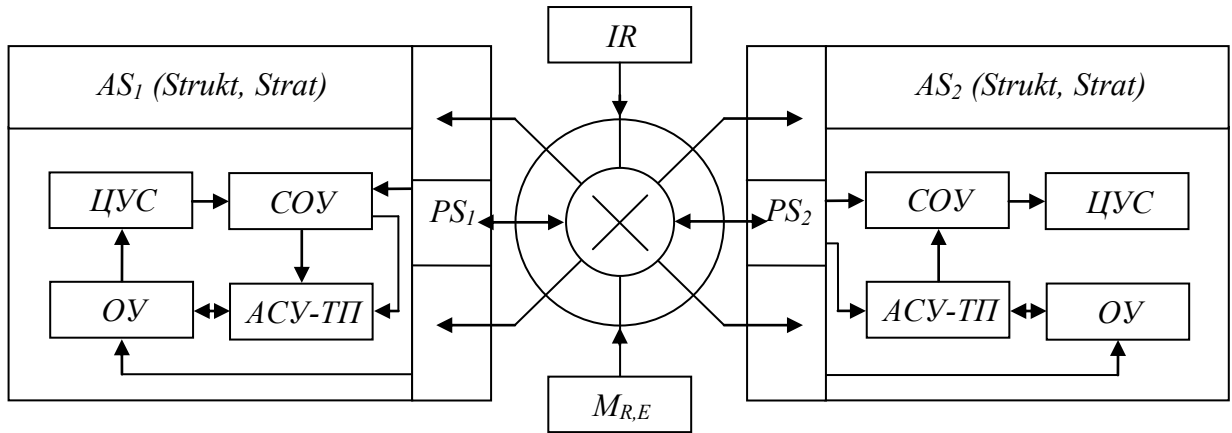


Рис. 3. Взаємодія активних систем

На рис. 4 наведемо спрощену модель задачі управління на основі концепції Глушкова-Рабіновича.

Розглянемо інформативно-інтелектуальні характеристики ситуаційних задач та способи їх класифікації:

- $Sit[M_{A_j}] \rightarrow [\exists Alg A_j(RZ_j)]$ – ситуація, для якої існує еталонний алгоритм розв’язання задачі ES_i , повне інформаційне забезпечення;
- $Sit[IAL_{A_j}] \rightarrow [\exists Alg A_{ji}(RZ_j)]$ – ситуація, коли особистість, яка виступає IA зацікавлена в розв’язанні задачі RZ_i та володіє процедурою, набором алгоритмів A_{ij} для її розв’язання та відповідним ресурсом;
- $Sit[\bar{M}_{A_j}, \bar{IAL}_{A_j}]$ – коли ні експертна система ES , ні IA не володіють алгоритмами розв’язання проблемних задач, які виникають в процесі інформаційного та ресурсного конфліктів.

Відповідно виділено класи задач відносно наявності алгоритмів і стратегій розв’язання проблемних ситуацій та задач управління:

I. $KLZ_j(IAL_j \otimes MA_j)$ – задачі, які розв’язує людина з допомогою експертної розв’язуючої системи, використовуючи програми Π_K на основі ($\exists Alg RZ_j(\Pi_K)$);

II. $KLZ_j(IAL_j \otimes \bar{MA}_j)$ – задачі, для яких необхідно створювати стратегії, алгоритми, програми, тобто їх генерація при неповній інформаційній базі даних і знань;

III. $KLZ_j(\bar{IAL}_j \otimes MA_j)$ – задачі пошуку алгоритму в базі програм інтелектуального експерта для розв’язання ситуаційних проблем;

IV. $KLZ_j(\bar{IAL}_j \otimes MA_k|_{k=1}^m)$ – задача синтезу алгоритму розв’язання задач та синтезу програми для процедури розв’язання проблемної ситуацій в ПНО;

V. $KLZ_i(-\exists A1g RZ_j)$ – клас задач, для яких на даний момент не існує алгоритмів розв’язання, що, відповідно, визначає проблемну ситуацію стратегічного управління.

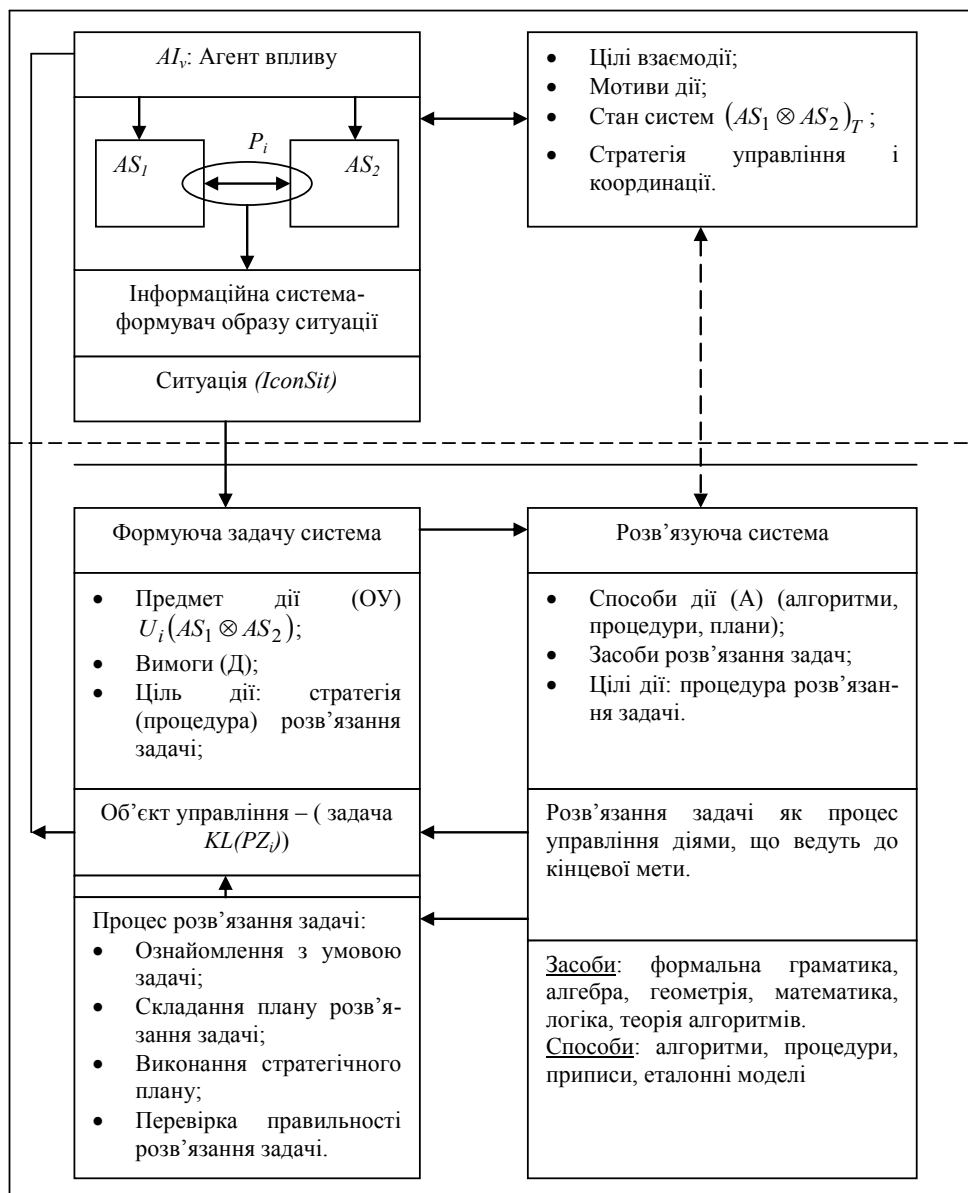


Рис. 4. Спрощена модель задачі управління Глушкова-Рабіновича

Інформативними характеристиками задач, відносно обумовленості їх змісту, будуть такі процедурні ознаки інформаційного характеру:

- задачі добре означені, якщо існують алгоритми і засоби перевірки правильності розв’язку у відповідній проблемно-орієнтованій базі знань;
- задачі слабо означені, якщо в ІА немає засобів перевірки рішення;
- задачі недіалогові – існує скінчений алгоритм послідовних дій, які ведуть до мети на основі планів дій згідно вибраної стратегії;
- задачі діалогові – алгоритм рішення формується в процесі розв’язання проблеми на основі ситуаційних даних і експертної підтримки;

- задача безпошукова, якщо інформація закладена в умові, базі знань ІА достатня для створення процедури, алгоритму її розв'язання (інформаційна повнота);
- задача пошукова – вимагає додаткової інформації від зовнішніх інтелектуальних систем, які мають структурований інформаційний та логіко-когнітивний базис.

Взаємодія інтелектуальних систем (діалог) в процесі розв'язання задач ґрунтується на наступних процедурах і концепціях:

- уточненні умови задачі на основі процедури пошуку додаткових властивостей об'єкта в базі предметно орієнтованих знань;
- визначенні форми представлення даних і результатів для формування образу ситуації;
- обліку і аналізу обмежень, які характеризують динаміку і структуру об'єкта та програмних систем в процесі планування дій;
- систематизації існуючих даних, їх інтелектуальному опрацюванні і формуванні нових знань при формуванні експертних рішень;
- висновку про можливість розв'язання задачі існуючими методами і засобами на основі генерації сценаріїв подій при моделюванні поведінки системи;
- синтезі плану розв'язання задачі і його тестуванні з точки зору досягнення мети згідно конструктивних стратегій.

Інформаційно-системні аспекти представлення задач.

Представлення задач в просторі станів. Повне представлення задач в актуальному та цільовому просторі станів для АСУ-ТП (Рис. 5) включає:

- структури $(R_n \times T_m)$ простору станів (R, T) – континуумі об'єкта і агрегатів;
- всі можливі стани системи в нормальних і граничних режимах;
- початковий стан об'єкта відносно цільового;

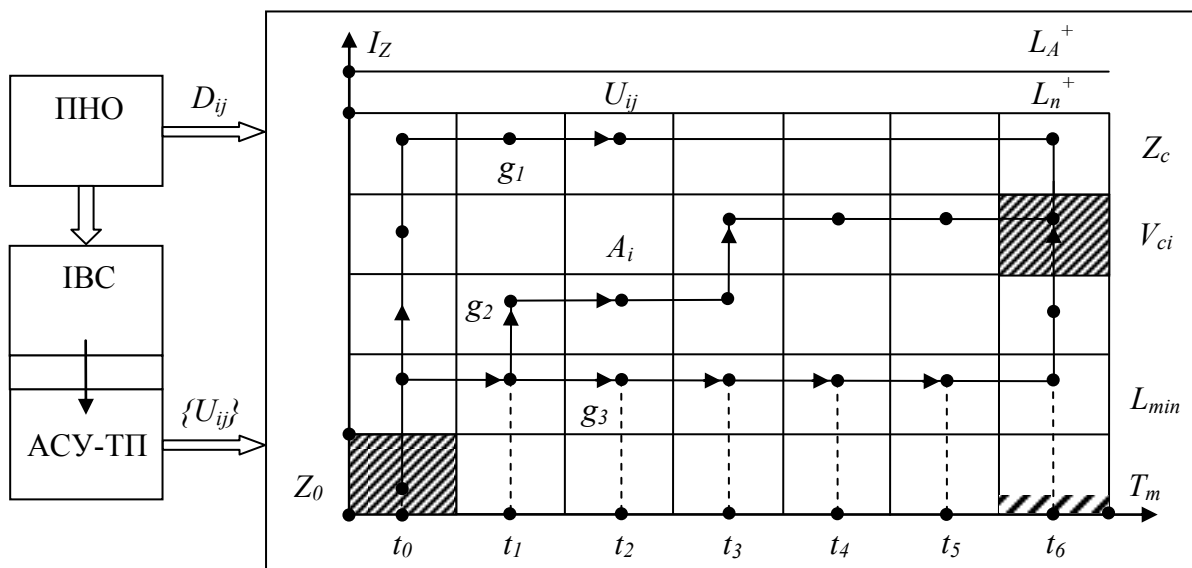


Рис. 5. Представлення задач в просторі станів через графи можливих ходів подій в ПНО (g_1, g_2, g_3) в термінальному часі T_m .

- цільовий стан об'єкта управління з означенням ліній граничного стану $(L_A^+, L_n^+ | L_{\min})$;
- завдання класу операторів A_j переходів від одного стану до другого на основі стратегій $\{\exists Strat(DC_i | U_i A_i |_{i=1}^m)(A_i U_i) : Z_i \rightarrow Z_{i+1} | \tau_i \in T_m\}$ з управліннями $\{U_{ij}\}$, та графами переходів $\{g_i / T_m\}$.

Процедура пошуку розв'язку в просторі станів полягає в побудові послідовності дій операторів A_i під управлінням U_{ij} , які перетворюють початковий стан в цільовий (план пошуку маршруту – алгоритму).

Метод декомпозиції задачі. Таке представлення задачі полягає в розбитті проблеми на підзадачі, які мають розв'язок. На основі локальних розв'язків будується загальний сумарний розв'язок у вигляді комбінацій логічних правил над графами подій $\exists \left\{ \prod_i^R | T_m \right\}; \left\{ \prod_i^R | C_{gi} : H_i Z_t \rightarrow V_{ci} \right\}$.

На основі розбиття структури задачі (Рис. 6) будується набір графів редукції задачі при дії факторів на стан системи $F_A \equiv \{B, C, D | E, F, G, H, I\}$.

Відповідно до дії факторів впливу вибирається план управляючих дій згідно стратегії:

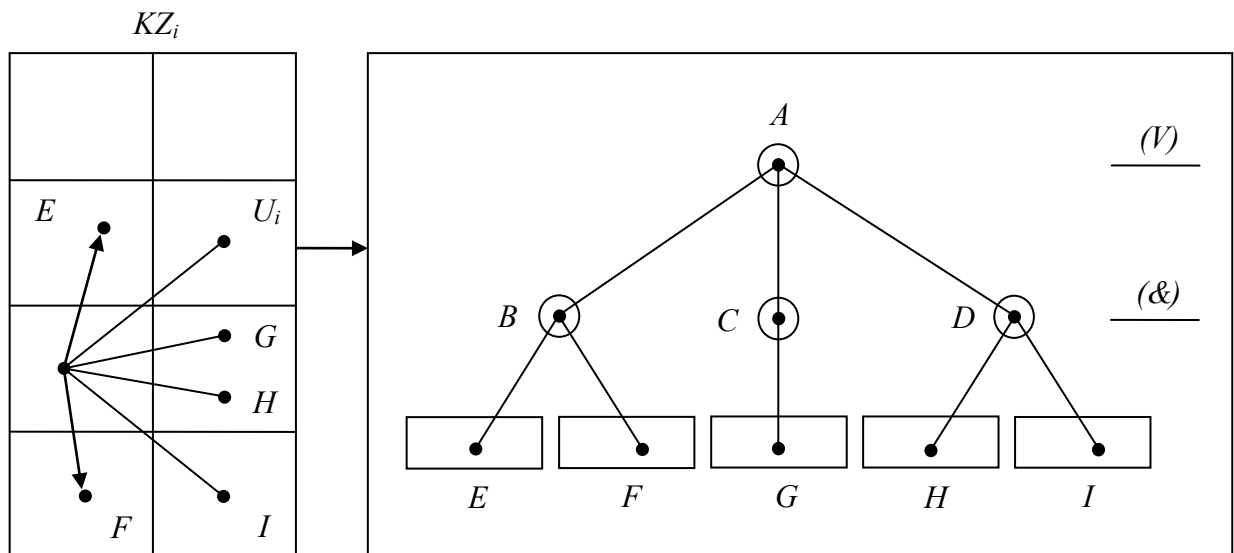


Рис. 6. Граф редукції компоненти задачі $F_A \equiv \{B, C, D | E, F, G, H, I\}$ при дії факторів впливу

На кожному кроці графу дій, згідно вибраної стратегії і плану дій, оцінюється ситуація в момент $t_i \in \tau_m$.

Тоді маємо гіпотези, щодо існування процедури розв'язання задачі згідно стратегій:

$$\left. \begin{array}{l} H_1 : \exists PRZ_1(E, F) \mapsto PRZ(B) \\ H_2 : \exists PRZ_2(G) \mapsto PRZ(C) \\ H_3 : \exists PRZ_3(H, I) \mapsto PRZ(D) \end{array} \right\} \mapsto (\exists PRZ(PSitA)) \Rightarrow (\exists StratRPSitA)$$

де PRZ_i – процедура розв'язання проблемної задачі, вибрана при сформованій інформаційній базі опису ситуацій в момент часу $t_i \in \tau_{mi}$.

Враховуючи вище сказане можна записати систему умов для декомпозиції процедури в правила і алгоритми у вигляді:

$$\left. \begin{array}{l} (PRZ(E) \wedge PRZ(F)) \Rightarrow PRZ(B) \\ PRZ(G) \Rightarrow PRZ(C) \\ PRZ(H) \wedge PRZ(I) \Rightarrow PRZ(D) \end{array} \right\} \Rightarrow \bigvee_{i=1}^3 PRZ(B, C, D) \vdash A$$

Система умов визначає логічну структуру формування рішень без врахування когнітивної організації профорієнтованих знань особи – IA_i .

Представлення задачі у вигляді теорем. Логіко-математичні задачі можуть бути сформульовані у вигляді теорем, які необхідно довести (головоломки, ігрові задачі, прийняття рішень планування дій, синтез стратегій).

Структура задачі формується у вигляді блок схеми (Рис. 7).

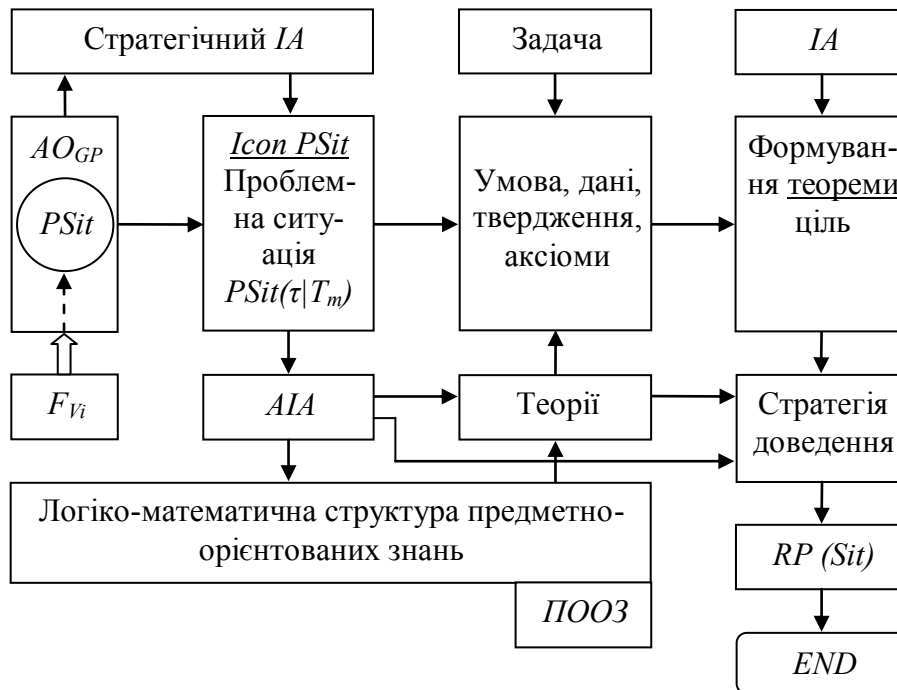


Рис. 7. Логічний формувач задачі (IA),

де AO_{GP} – активний об’єкт генерації проблемних ситуацій у вигляді образу ($Icon PSit$), AIA – активний інтелектуальний агент, $POOZ$ – предметно орієнтована область знань, $RP(Sit)$ розв’язок проблемної ситуації.

Стратегія розв’язання проблемної задачі у вигляді теореми ґрунтується на основі композиції базових аксіом (Рис. 8) в структурі предметно орієнтованої області знань (ПООЗ) тоді маємо:

$$\exists N \{ LA_{i=1}^n \}; \exists N \{ LP_i |_{i=1}^n \}; \exists \{ StratU_{ij} | C_i \},$$

і згідно:

$$\exists \{ StratU_{ij} | C_i \} \Rightarrow LP_i \left\{ \bigotimes_{i=1}^R A_i \right\}; \exists g(Z_0 \rightarrow Z_{gi})_{T_m},$$

– для логічних правил LP_i – композиції аксіом забезпечують побудову графа маршруту досягнення мети при чіткому описі проблемної ситуації.

Схема інтелектуального генератора вирішувача процедур має ієрархічну структуру, яка включає:

- ПНО – потенційно-небезпечний об'єкт;
- ІВС – інформаційно-вимірювальну систему;
- АІА – активний інтелектуальний агент постановчих ситуаційних задач прийняття управлінських рішень;
- СГПРЗ – система генерації процедур розв'язання задач.

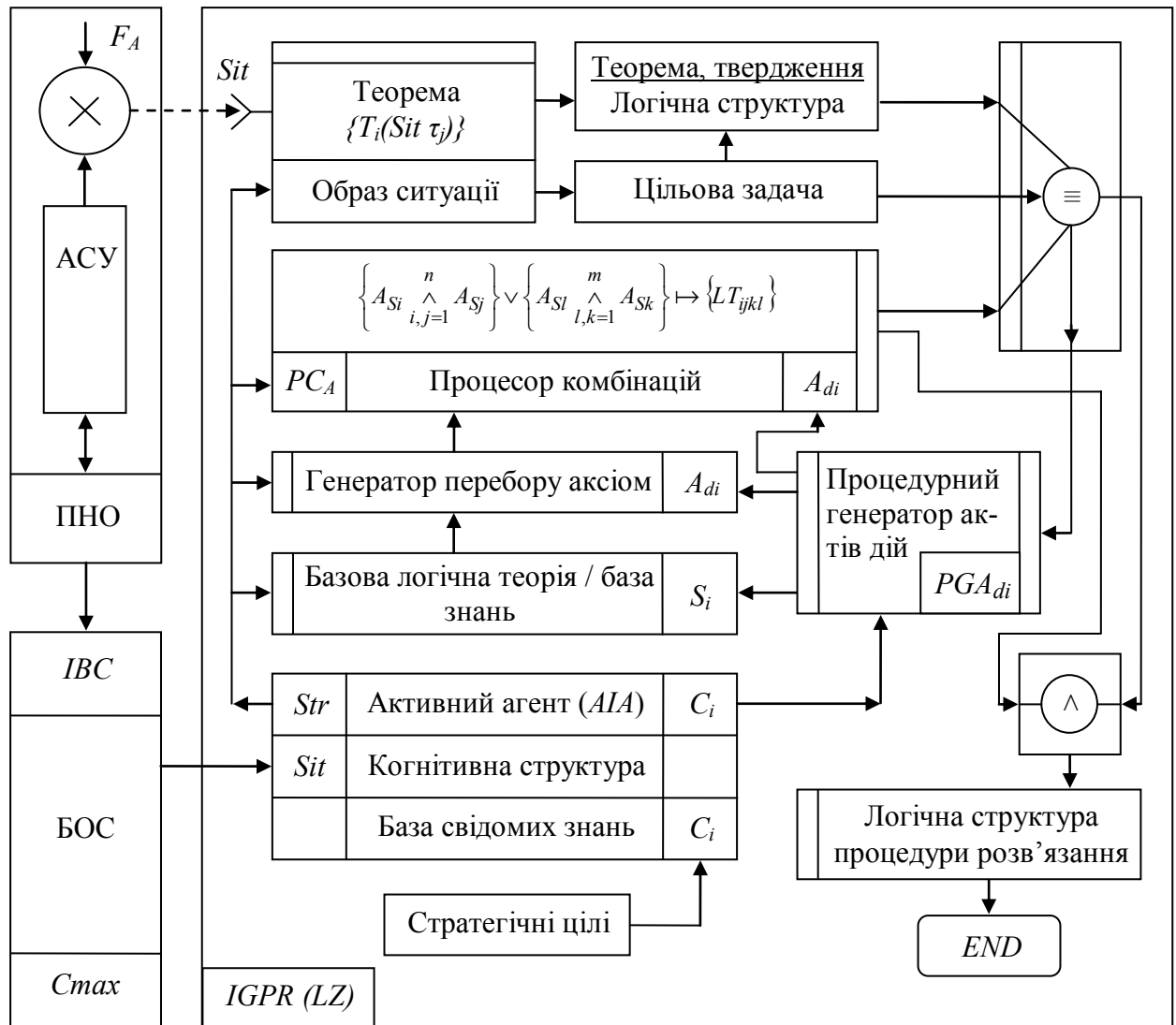


Рис. 8. Схема інтелектуального генератора процедур розв'язання управлінських логічних задач,

де *AIA* – активний інтелектуальний агент, *IGPR(LZ)* – інтелектуальний генератор процедури розв'язання логічних задач, A_{di} – аксіоми $\{A_{S_i}|_{i=1}^n\}$ – системи аксіом, P_{C_A} – процесор комбінації аксіом, $P_{GA_{di}}$ – процедурний генератор актів дій.

Евристичні методи генерації стратегій.

Для розв'язання задач з ієрархічною структурою необхідно комбінувати всі вищенаведені методи. Окремо можна виділити евристичний метод синтезу стратегій, оснований на генерації підцілей – універсальний вирішувач (розв'язувач) задач управління – (GPS). Ціль ставиться у вигляді: «застосувати

оператор A_i до ситуації $Sit(t_j | PC_j)$ ». Відображає деякі відмінності між еталонним планом поведінки і даною ситуацією в досліджуваній системі. GPS тоді є схемою направлено пошуку на основі таблиці подібності (відмінності) за відповідним алгоритмом, який має сходитись до цільового стану. Сходимість процедури розв'язання задач в GPS проблематично гарантувати на основі емпіричних тверджень.

Відповідно в процедурі GPS можна виділити такі проблеми:

- проблему перетворень правдоподібності образів ситуацій;
- проблему оцінки образів ситуацій в просторі станів та цільовому просторі системи управління;
- проблему побудови структури простору станів потенційно-небезпечного об'єкта;
- проблема класифікації образів ситуацій та їх відображення в АСУ;
- синтез критеріїв для вибору методів розв'язання проблеми кризового стану;
- нормалізацію класів ознак для побудови індикаторів стану;
- синтез стратегій побудови правил прийняття рішень для досягнення мети;
- наповнення знаннями когнітивної структури ІА.

Модель GPS (General Problem Solver) вирішувача задач в інтегрованих інтелектуальних системах управління.

Вирішувач інтелектуальних задач – система, яка сприймає формалізований опис задачі, з предметної області, в якій існує проблемна ситуація, і на основі даного опису згідно з правилами π_R розробляє план її вирішення.

Схема рішень в GPS [4]:

1) аналіз поточної ситуації $\{Sit_0(PS) \rightarrow Sit_j(PS) \rightarrow\}$;

2) порівняння поточної ситуації з еталонною цільовою на основі процедури прийняття рішень та правил і схем висновків – (π_R) згідно з цільовою задачею формування сценарію:

$$\pi_R : \left\{ \begin{array}{l} Sit_j(PS) \overset{\Delta}{\Leftrightarrow} Sit_E(\pi S / C_i) \rightarrow End \\ Sit_j(PS) \Leftrightarrow Sit_E(\pi S / C_j) \Rightarrow Sit_k(PS) \Rightarrow \end{array} \right. \Rightarrow [\dots] \Leftrightarrow [Sit_m(PS) \neq Sit_E(PS / C_i)],$$

де $Sit(PS / C_i)$ – ситуація в проблемній системі відносно цільового стану;

3) вибір правил π_{R_j} , які необхідно використати оператором, щоб зменшити розходження між поточним і еталонним образом;

4) послідовно застосовувати набір правил $\pi_{R_j} (j=1, N)$ доки не наступить подібність поточного і цільового образу;

5) повернутись на Π_1 .

Типи задач, які вирішує GPS, при формуванні системи розв'язання:

1) $\pi Z_1 : T(A, B), \exists \pi_R(T) : A \rightarrow B$ – переведення ситуації A до ситуації B на основі оператора T в правилі $\pi_R(T)$;

2) $\pi Z_2 : C(D, O, A, B), \exists \pi_R(D, O) : Sit A \xrightarrow{d_i} Sit B$ – переведення ситуації A до ситуації B з допомогою оператора O з мінімальною відмінністю $d_j \in D$;

3) $\pi Z_3 : R(O_I, A), \exists \pi_R(O_I / A); O_I : SitA \rightarrow IconX$ застосувати оператор дію O_I до ситуації A і сформуванати новий образ $Icon X$ ситуації.

Ці схеми можуть бути застосовані до вирішення класу задач незалежно від предметної області. На попередньому етапі необхідно зафіксувати перелік задач, як можливі відмінності між поточною і бажаною ситуацією, зафіксувати перелік операторів, які узгоджують ці відмінності.

Взаємозв'язок задач в процесі розв'язання проблеми.

Нехай маємо: $S = Sit(t_0)$ – початкова ситуація; $Q = Sit(Q/T_m)$ – бажана (цільова).

1. Якщо $\exists d_T \in D, d_T < d_{\min} : T(S, Q) : \pi_R(T) : \left(IconS \stackrel{d}{=} IconQ \right)$, то задача вирішена.

2. Якщо $\exists d_T \in D, (d_T > d_{\min}) : (IconS \neq IconQ)$, то переходимо до нового правила, яке може зменшити відмінність образів.

Якщо

$$\pi_R [C(D, O, A, B)] : \exists O_i \subset O, O_i : (d \rightarrow d_{\min}^* \leq d_{\min}) \Rightarrow \left\{ \exists Strat(U|C_i), \exists \{\pi_R\} \right\} \\ \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \pi_R(D, O_i) : \left(IconS \stackrel{d_i^*}{=} IconQ \right) \mapsto End \\ \pi_R(D, O_i) : (IconS \neq IconQ) \mapsto [\pi_R(O, S)] \end{array} \right\},$$

то переходимо до нового правила. Згідно з цим правилом встановлюються умови $\{H_i\} \subset H$, за яких оператор $\{O_j\} \subset O$ може бути застосований до ситуації S , для якої маємо:

$$\text{якщо } \left\{ \begin{array}{l} T(S^*, Q) : \exists \pi_R(T) : (S \rightarrow S^* \rightarrow Q/H) \rightarrow [End] \\ T(S^*, Q) : \neg \exists \pi_R(T/H) : (S \rightarrow S^* \rightarrow \dots \rightarrow Q) \end{array} \right\},$$

то виникають дві нові під задачі

$$T(S, H), \exists \pi_R(T_h) : (S \rightarrow H); T(H, Q), \exists \pi_R(T_q) : (H \rightarrow Q).$$

Основною проблемою вибору правил і операторів є визначення алгоритму (процедури) класифікації тих варіантів, що ведуть до закінчення циклу рішень з врахуванням причинно-наслідкових зв'язків в рамках бази знань інтелектуальної системи, а при їх неповноті необхідно формувати образно-асоціативні сценарії руху до мети.

Інтелектуальна система, як вирішувач задач, повинна мати в своєму розпорядженні загальноінтелектуальні процедури, придатні для вирішення широкого класу задач. В іншому випадку необхідно переходити до логіко-когнітивних моделей ІА та САПР.

Ці процедури в процесі їх застосування повинні формувати нові знання на основі існуючої бази знань, нові алгоритми вирішення конкретних задач на основі знань аналізу алгоритмів і правил прийняття цілеорієнтованих рішень та активізації когнітивних структур ІА.

Висновок. Розглянуто проблему прийняття цільових рішень для управління складними об'єктами на основі концепцій GPS і активного інтелектуального агента як цілевиконуючої системи в структурі ІАСУ – інтегрованих автоматизованих систем управління.

Показано взаємодію методів штучного інтелекту (ШІ), методів GPS, концепції активного інтелектуального агента (AIA) у формуванні стратегій прийняття управлінських рішень, ще є підставою формування нового підходу до синтезу інтелектуальних управляючих систем.

Література

1. Глушков В. М. Введение в АСУ. – К.: Техніка, 1974. – 317 с.
2. Зайцев В. С. Системный анализ операторской деятельности / В. С. Зайцев – М.: Сов. Радио, 1990. – 120 с.
3. Кабикин В. Е. Диагностика оперативного мышления / В. Е. Кабикин – К.: Наук. дум., 1977. – 110 с.
4. Поспелов Г. С. Ситуационное управление. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
5. Сікора Л. С. Когнітивні моделі та логіка оперативного управління в ієрархічних інтегрованих системах в умовах ризику / Л. С. Сікора. – Львів: ЦСД «ЕБТЕС», 2009. – 432 с.: схеми, табл.
6. Человек и вычислительная техника / ред. В. М. Глушков – К.: Наук. думка, 1971. – 290 с.