

УДК 656.61.052

DOI 10.47049/2226-1893-2024-3-103-120

**СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
ДЛЯ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ У ПОРТУ**

Ю.М. Хуссейн

аспірант

ORCID ID: 0000-0002-1292-4556

e-mail: yunoniia.khussein@gmail.com

Державний університет інфраструктури та технологій,
Київський інститут водного транспорту
ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного, України.

Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна

Анотація. Метою дослідження є розробка архітектури системи підтримки прийняття рішень для управління надзвичайною ситуацією у порту та основних алгоритмів її функціонування. Для досягнення мети дослідження використані абстрактні інтелектуальні агенти – персоноїди. Для розширення опису описових знань про предметну область і спрощення виконання процедури логічного виведення класи атрибутів описані нечіткими множинами. Результатами є формальний опис станів середовища через атрибути об'єкту у вигляді нечітких множин; узагальнений алгоритм організації взаємодії між особою, що приймає рішення, і системою підтримки прийняття рішень при виникненні пожежі на танкері у нафтовому терміналі порту; реалізація системи планування на методах мережевого планування й управління.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, надзвичайна ситуація, порт, інтелектуальний агент, нечітка множина, база знань, персоноїд.

UDC 656.61.052

DOI 10.47049/2226-1893-2024-3-103-120

**REGDEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT SYSTEM
FOR EMERGENCY RESPONSE OPERATIONS IN PORT**

Yunoniia Khussein

post-graduate student

ORCID ID: 0000-0002-1292-4556

e-mail: yunoniia.khussein@gmail.com

*State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine
Kyiv Institute of Marine Transport named after Hetman Piotr Konashevich-Sagaidachny*

© Хуссейн Ю.М., 2024

Abstract. *The aim of the study is to develop the architecture of a decision support system for managing emergencies in a port and the main algorithms for its functioning. To achieve the research goal, abstract intelligent agents-personoids-were used. To enhance the description of domain knowledge and simplify the execution of the reasoning procedure, attribute classes were described using fuzzy sets. The results include a formal description of the environment's states through object attributes represented as fuzzy sets; a generalized algorithm for organizing the interaction between the decision-maker and the decision support system in the event of a fire on a tanker at the port's oil terminal; and the implementation of a planning system based on network planning and management methods.*

Keywords: *decision support system, emergency situation, port, intelligent agent, fuzzy set, knowledge base, personoid.*

Вступ. Для належної відповіді на виникнення великомасштабних виробничих або екологічних подій, у тому числі на морі, в 90-ті роки реалізовано Ініціативу глобальної інформаційної мережі з управління надзвичайними ситуаціями (НС) GEMINI (Global Emergency Management Information Network Initiative). Ця структура дозволила за допомогою всесвітньої павутини об'єднати локальні системи підтримки прийняття рішень (СППР, Decision Support Systems – DSS) для реагування в різноманітних надзвичайних ситуаціях (НС) [1]. Перший прототип, будучи інтелектуальним ядром СППР MINDES (Managerial Intelligent Node for Decisional Emergency Support – управлінського інтелектуального вузла для СППР у НС), був задіяний у всіх комп'ютеризованих вузлах мережі управління.

Програмні рішення були реалізовані за технологією інтелектуальних агентів (ІА). Такий підхід істотно знизив ймовірність людських помилок оператора (особи, яка приймає рішення, ОПР) під час прийняття рішень у складній обстановці, що виникає у надзвичайних ситуаціях [2].

Таким чином, із великої сукупності можливих рішень для побудови системи було обрано технологію ІА та проведено її валідацію в певному класі надзвичайних ситуацій. Але досі певні питання щодо відповідності високим вимогам, що висуваються, залишаються незадоволеними.

Постановка задачі. Під час побудови СППР найчастіше використовують апарат формалізації, що базується на обчисленні предикатів, різних логіках, нечітких множинах (НМ) тощо. Використання агентів як математичної основи СППР вимагає подолання багатьох труднощів, які тільки множаться в процесі побудови інтелектуальної СППР (ІСППР, Intelligent Decision Support System – IDSS) для різних галузей надзвичайних ситуацій і ролей ОПР [3; 4].

Використання об'єктно-орієнтованого підходу зверху донизу (ТОГА – Top-down Object-based Goal-oriented Approach) дає змогу подолати значну частину цих проблем [5].

Ключовою особливістю ІДА (Intelligent Decision Advisor – інтелектуальний радник з прийняття рішень) є застосування персоноїда – абстрактного інтелектуального агента. Він має ієрархічну багаторівневу архітектуру, яку зазвичай подають у вигляді трикутника ІПК (Information, Preferences, Knowledge – інформація, вподо-

баня, знання), що називається монадою. Окремі складові персоноїду виконують такі функції.

Інформація являє собою кожен стан попередньо обраної області втручання.

За допомогою вподобань (відносних правил) впорядковуються стани області втручання за суб'єктивною шкалою важливості, наприклад, певною функцією корисності/цінності, прийнятою експертом.

Знання являють певну ментальну систему, здатну перетворювати задану інформацію в іншу.

Таким чином, персоноїд є абстрактним інтелектуальним агентом із досить складним структурним інтелектом, основними особливостями якого є багаторазове використання, інкрементація, повторюваність, рекурсивність, ітеративність.

Ці обставини дозволяють розглядати інтелект як здатність системи використовувати наявну інформацію, знання та вподобання для досягнення нових цілей у нових обставинах [6].

Варіація визначень інформації, знань і вподобань дозволяє вивести складніші властивості ІА, тому їх дослідження тривають. З одного боку, необхідна побудова цілісної теорії формалізації абстрактного інтелектуального агента, незалежного від засобів реалізації та галузей застосування. З іншого боку, необхідні подальші експериментальні дослідження, які дадуть змогу реалізувати конкретні прототипи СППР для порівняння «вузьких» класів завдань, що мають яскраві обмеження. Їх подальше комплексування стане найважливішим етапом на шляху створення багатоцільової архітектури ІСППР, абсолютно незалежної від домену [7].

Метою даної роботи є розробка архітектури СППР управління надзвичайною ситуацією у порту та основних алгоритмів її функціонування.

Основна частина. Під агентом в ІДА розуміють функціональну програмну одиницю, здатну автономно виконувати заздалегідь визначений клас завдань. Традиційно клас агентів є досить широким [9] і залежить від програмних середовищ реалізації, розв'язуваних завдань, автономності, можливостей передбачуваного втручання тощо.

Відрізняючись високим ступенем автономності, ІА може самостійно змінювати цілі втручання, навчатися і планувати свої дії для досягнення поставленої мети функціонування.

Загальна функціональна архітектура персоноїда містить трикутні модулі ІРК, що складаються з інформації, вподобань і знань, й утворюють монади (рис. 1). Персоноїд функціонує за циклічним механізмом. Нехай існує певний домен абстрактної діяльності M . Нові дані у M змінюють інформацію I , що сприяє активації вподобань P . Вподобання P є дієвим поштовхом для ініціації мети D , яка активує знання K , які модифікують інформацію I .

Але знання K і вподобання P не завжди можуть виконати завдання персоноїда. У такому разі вони виробляють дані для трикутника вищого рівня і самі стають новим доменом. Отже, для кожної монади базу знань (БЗ) можна розглядати як зовнішню сферу діяльності на нижчому метарівні.

Загальна ІРК-архітектура інтелектуального агента підштовхує використовувати ієрархічні БЗ. При цьому результат логічного виведення у вигляді нечіткої множини у таких ієрархічних нечітких БЗ напряму передається у машину нечіткого виведення наступного рівня ієрархії. Проміжні змінні описуються тільки нечіткими змінними без визначення ФП.

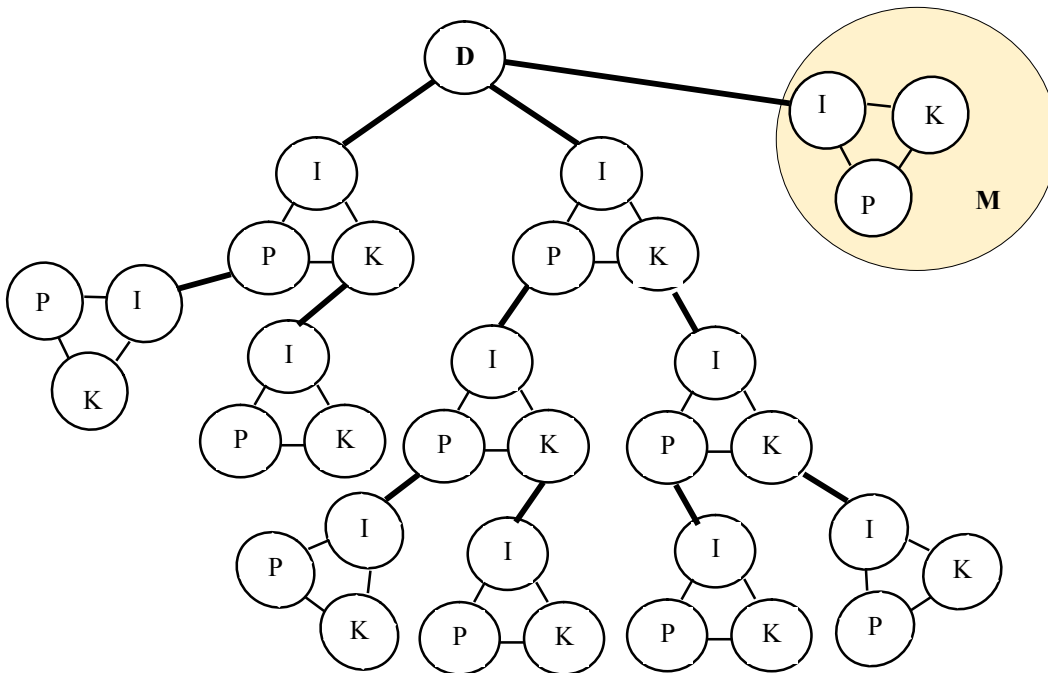


Рис. 1. Загальна ІРК-архітектура інтелектуального агента

Ієрархічна система нечіткого логічного виведення характеризується такими перевагами:

- економія зусиль при вирішенні глобального завдання;
- стійкість, яка визначається тим, що малі зміни вхідних параметрів спричиняють малий ефект на виході;
- гнучкість – характеристики добре структурованої ієрархії принципово не змінюються при додаванні параметрів;
- об'єктивність;
- адекватний опис багатовимірних залежностей типу «входи – вихід» порівняно невеликою кількістю нечітких правил. Так, якщо для лінгвістичної оцінки змінних використовується по п'ять термів, то максимальна кількість правил для завдання залежності $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ за допомогою однієї бази знань дорівнює $5^6 = 15625$. Для ієрархічної БЗ, що описує ту саму залежність і представлена трьома базами знань, максимальна кількість нечітких правил

дорівнює $5^2+5^3+5^3=275$ (рис. 2). Причому, це – «короткі» правила з двома-трьома вхідними змінними. Кількість правил у традиційних БЗ більша за їхню кількість в ієрархічних приблизно в 60 разів.

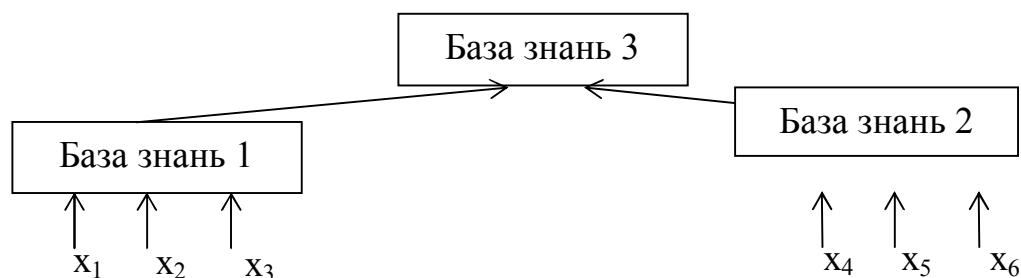


Рис. 2. Ієрархічна база знань

Але лише введення набору можливих цілей втручання для повноцінного функціонування системи недостатньо. Також необхідно провести моделювання та формалізацію доменів НС, зокрема, представити їх у вигляді узагальненого світу об'єктів з подіями, ресурсами та фактами.

У графічному представленні предметної області якісні зв'язки її компонентів показують динаміку розвитку надзвичайної ситуації. Крім того, окремого відпрацювання потребує вибір, моделювання, верифікація та реалізація методів планування.

Як і в ІДА, запропонована СППР основним функціональним ядром має агенти MainAdvisor (головний радник), InfoProvider (Постачальник інформації) і ActionPlanner (інтелектуальний радник із планування дій). Організація взаємодії між користувачем й оточуючим світом, де відбуваються основні етапи НС, покладається на головного радника.

Безпосередній радник організує взаємодію з користувачем і зовнішнім середовищем, в якому розвивається надзвичайна ситуація, шляхом обробки інформації, яку надає постачальник інформації керує потоками.

Динаміка розвитку НС, що проявляється у настанні послідовності нових значущих подій, проявляється у виробленні адекватного плану інтелектуальним радником із планування дій, який керується знаннями із відповідної бази знань.

Тобто, необхідно провести функціональну декомпозицію персоноїда на прототипи агентів системи для верифікації функцій управління інформацією та планування (рис. 3).

Як тестовий приклад розглянемо НС у нафтовому терміналі порту, яка описується доменом, інформація про кожен глобальний або локальний стан якого або їх зміни надходить до менеджера [10].

При виникненні пожежі на одному з нафтових резервуарів у порту головною метою функціонування СППР є зміна початкового стану на безпечний. Безпечним стан характеризується такими властивостями: прийнятність для керівника порту, зупинення процесу генерації ризиків, пом'якшення кризових подій, мінімізація загальних втрат та запобігання розростанню аварії.

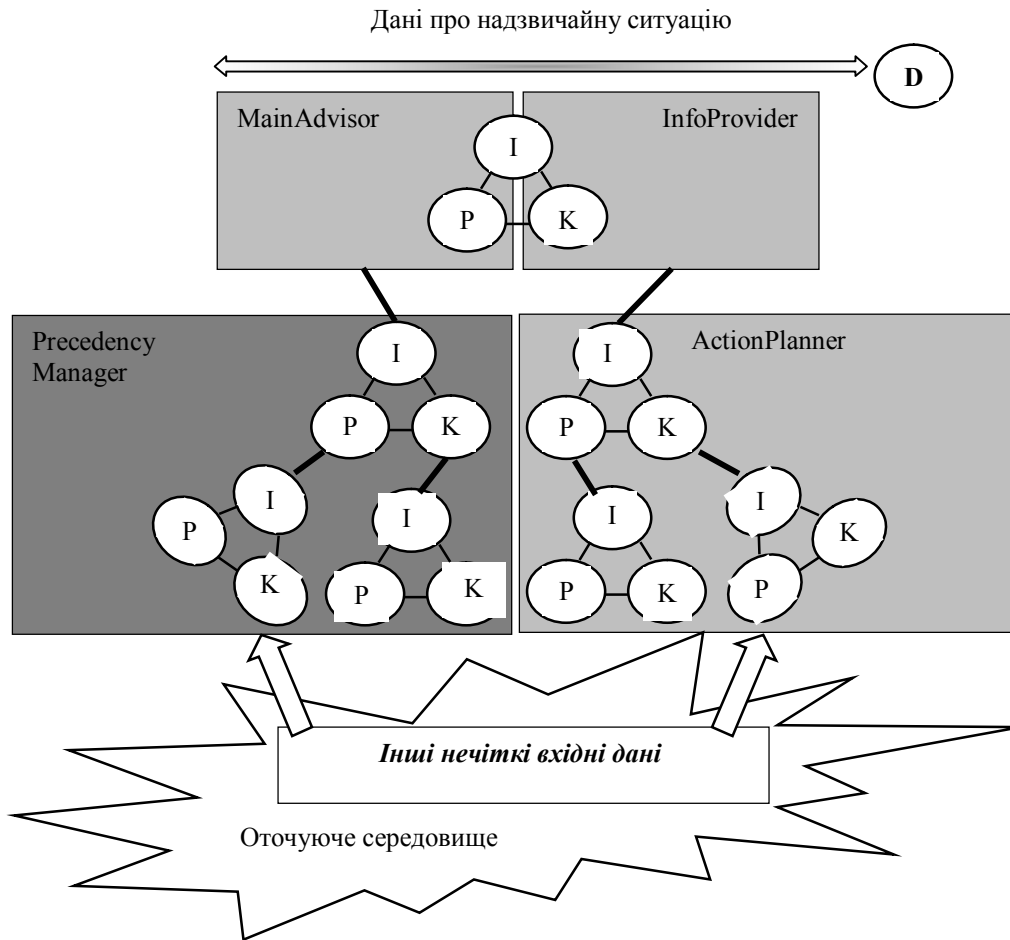


Рис. 3. Декомпозиція IPK-структури інтелектуального агента на складові

У загальному випадку СППР видає особі, яка приймає рішення, можливий (зазвичай, найкращий) реалізуемий варіант виконання визначеного завдання через локальний менеджер з надзвичайних ситуацій з урахуванням власних ресурсів за прийнятими логікою і правилами.

Для планування роботи СППР в аварійній ситуації опишемо стан і подання дії. Загальна модель аварійної області є частиною більш широкого класу подібних областей. Тоді модель аварійної області можна подати декларативною (дескриптивною) областю знань KD_j , яка є частиною зв'язків між класами абстрактних об'єктів та їх атрибутів

$$KD_j: I_i \rightarrow I_{i+1}, \text{ for } i = 1, 2, \dots,$$

де I_i, I_{i+1} – інформація, яка описує стани аварійної області у різні моменти часу або, в загальному випадку, області діяльності монади.

Кожен конкретний елемент предметної області можна представити у вигляді екземпляра об'єкта предметної області або ресурсу. Класами об'єктів предметної області нафтового порту є резервуар, танкер, док або стояк.

Якщо у базовій версії СППР у загальному вигляді стани середовища описуються за допомогою певного набору змінних (атрибутів об'єктів) типу: $\{Object_{n.variable_i}, Object_{n.variable_j}, Object_{n.variable_k}\}$, а конкретний стан середовища може бути таким: $s = \{Tank_1.irradiated = 3, Tank_1.temperature = 0, Tank_1.foam\ Cover = 0\}$ [10], то у запропонованому підході атрибути об'єкту у порядку, наведеному у табл. 1, представляються у вигляді нечітких множин (рис. 4 а-н.).

При виникненні надзвичайної ситуації менеджер з надзвичайних ситуацій (E-M'er) виконує певну дію j відповідно до задалегідь визначеної специфікації ролей, спираючись на свої оперативні знання KO_j . Залежно від завдання та програмного інструменту у кожному конкретному випадку знання можуть подаватися по різному, показуючи, як змінюється опис предметної області за допомогою інформації до I_i і після I_k виконання дії

$$KO_j: I_i \rightarrow I_k.$$

У традиційній системі IDA дії подаються імовірнісними операторами простору станів (ЮПС). Вони є розширенням набору класичних операторів STRIPS [11], збагачених значеннями ймовірності, пов'язаними з кожним переходом. На відміну від цього у пропонованій системі дії пропонуються подавати нечіткими множинами з ФП $\mu(\varepsilon)$.

Якщо для традиційного випадку ЮПС α фактично є трійкою (φ, ρ, ω) , де φ і ω – кон'юнкції атомної формули $(\chi = \nu)$, де $\chi \in X$ – змінний стан, а ν – одне з можливих значень змінної; φ представляє передумови дії, які повинні бути виконані для застосування оператора α , в результаті чого середовище перейде в стан, описаний постумовою ω з ймовірністю ρ , то у запропонованому формалізмі постумова ω описується нечіткою множиною з функцією приналежності $\mu(\varepsilon)$.

Для управління надзвичайними ситуаціями СППР виробляє системні дії, що повинні відповідати компетенціям кваліфікованого менеджера. Реалізація таких дій буде успішною лише за наявності конкретних ресурсів (підрозділів і засобів) і виконанні розрахунків за такими даними:

- оцінка мінімальної тривалості часу дії;
- відносні змінні стану об'єктів предметної області через здійснений вплив;
- застосовані засоби/ресурси і правила їх використання;
- якісна оцінка вартості дії.

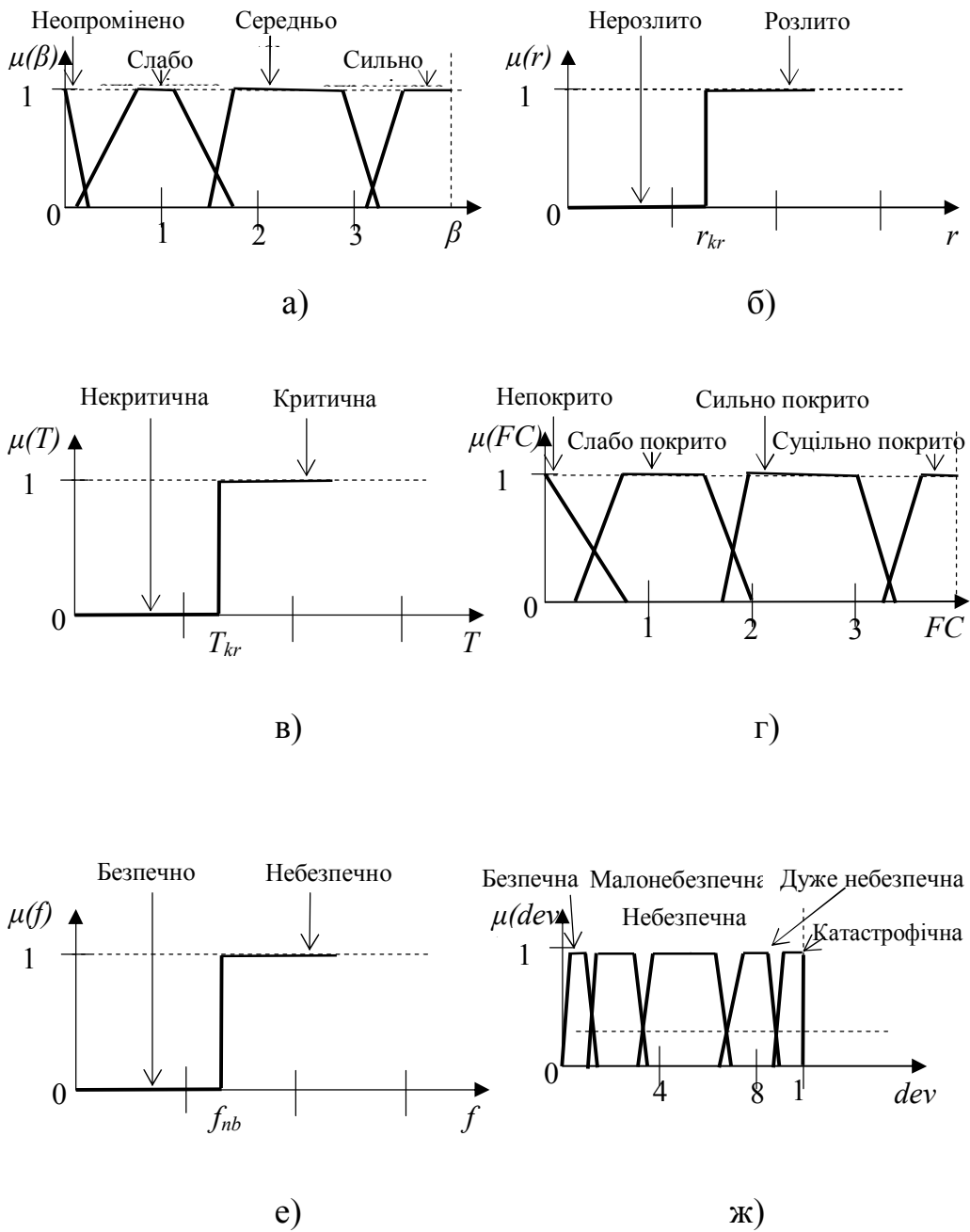
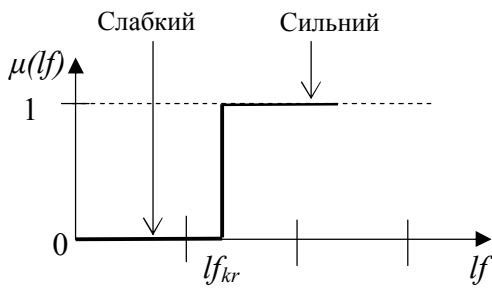
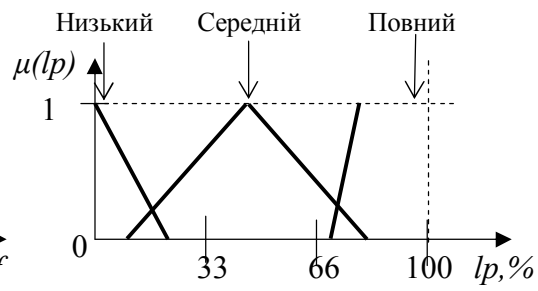


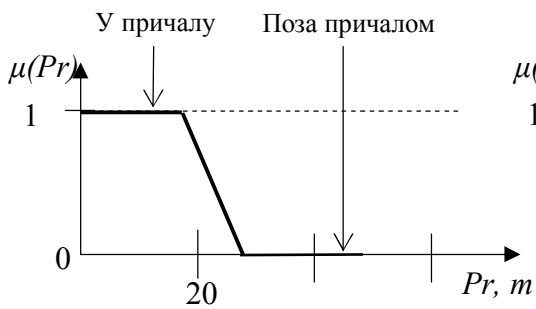
Рис. 4. Нечіткі функції приналежності параметрів об'єктів при описі надзвичайної ситуації «Пожар у резервуарі у нафтовому порту»



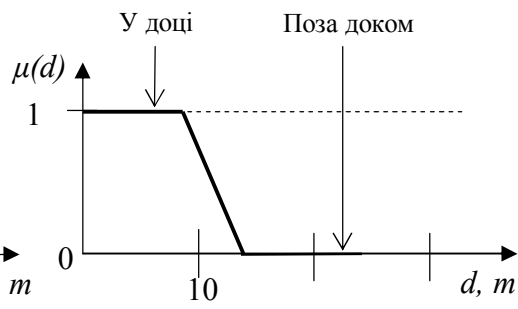
з)



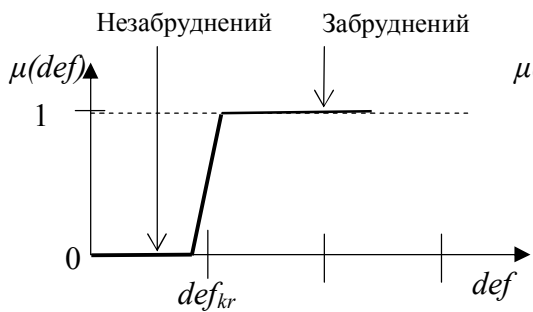
і)



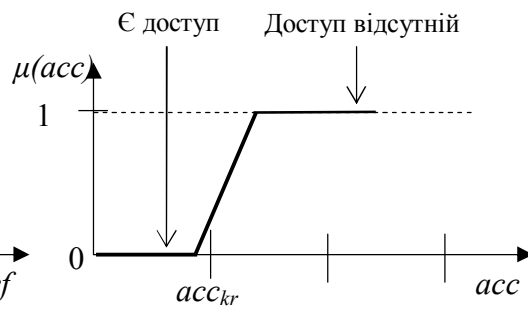
к)



л)



м)



н)

Продовження рис. 4. Нечіткі функції приналежності параметрів об'єктів при описі надзвичайної ситуації «Пожежа у резервуарі у нафтовому порту»

Пропонована архітектура ІСППР складається з чотирьох функціональних агентів MainAdvisor, InfoProvider, ActionPlanner та PrecedencyManager (рис. 3). Запропонована архітектура СППР реалізована за допомогою інструменту візуального моделювання Rational Rose з використанням нотації UML [12].

Агенти MainAdvisor, InfoProvider, ActionPlanner дозволяють автономно виконувати такі завдання:

- 1) представляти поточний аварійний стан предметної області;
- 2) постійно оновлювати дані про надзвичайну ситуацію при надходженні нової інформації від агента InfoProvider;
- 3) представляти цілі користувача, повідомлені агентом InfoProvider;
- 4) пропонувати дії або план дій від MainAdvisor особі, що приймає рішення;
- 5) прогнозувати стан середовища за запитом MainAdvisor або після виконання певної дії.

Агент PrecedencyManager, як і агент PreferenceManager в IDA, є ключовим і визначає глобальну та локальні цілі функціонування системи.

Агент ActionPlanner призначений для вирішення проблеми планування управління НС або пом'якшення кризових ситуацій. У загальному випадку такий процес прийняття рішень є інтерактивним, з тісною взаємодією між людиною і СППР. Так, Алгоритм взаємодії між ОПР і системою підтримки прийняття рішень при виникненні пожежі на танкері в доках нафтового терміналу порту зображено рис. 5.

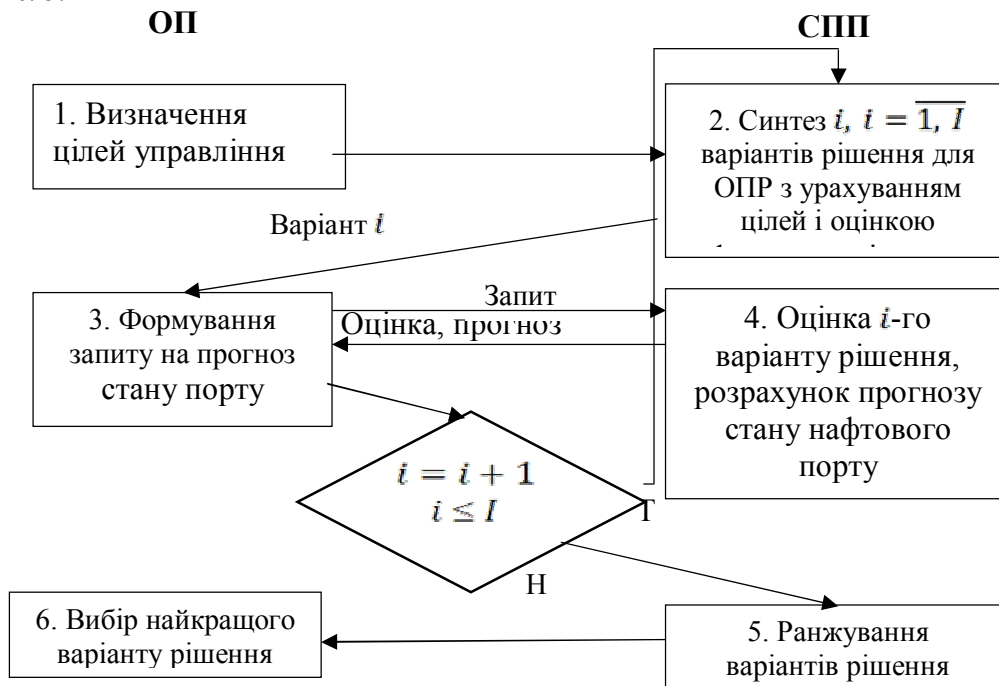


Рис. 5. Організація взаємодії між особою, що приймає рішення, і системою підтримки прийняття рішень при виникненні пожежі на танкері у нафтовому терміналі порту

Агент ActionPlanner відповідає загальним вимогам розширюваності системи і може бути застосований у різних прикладних предметних областях. Щодо нафтового порту і виникнення НС у ньому, то додатково виконуватимуться такі вимоги:

1) можливість використання різних підходів (детермінованих, недетермінованих, штучного інтелекту та ін.) для реалізація компетенцій агента (мета-знань та мета-вподобань планувальника) з визначенням ієрархії класів СППР (рис. 6). Клас ActionPlanner (клас С++) реалізовано як комплексний модуль планувальника, який реалізує описані вище компетенції.

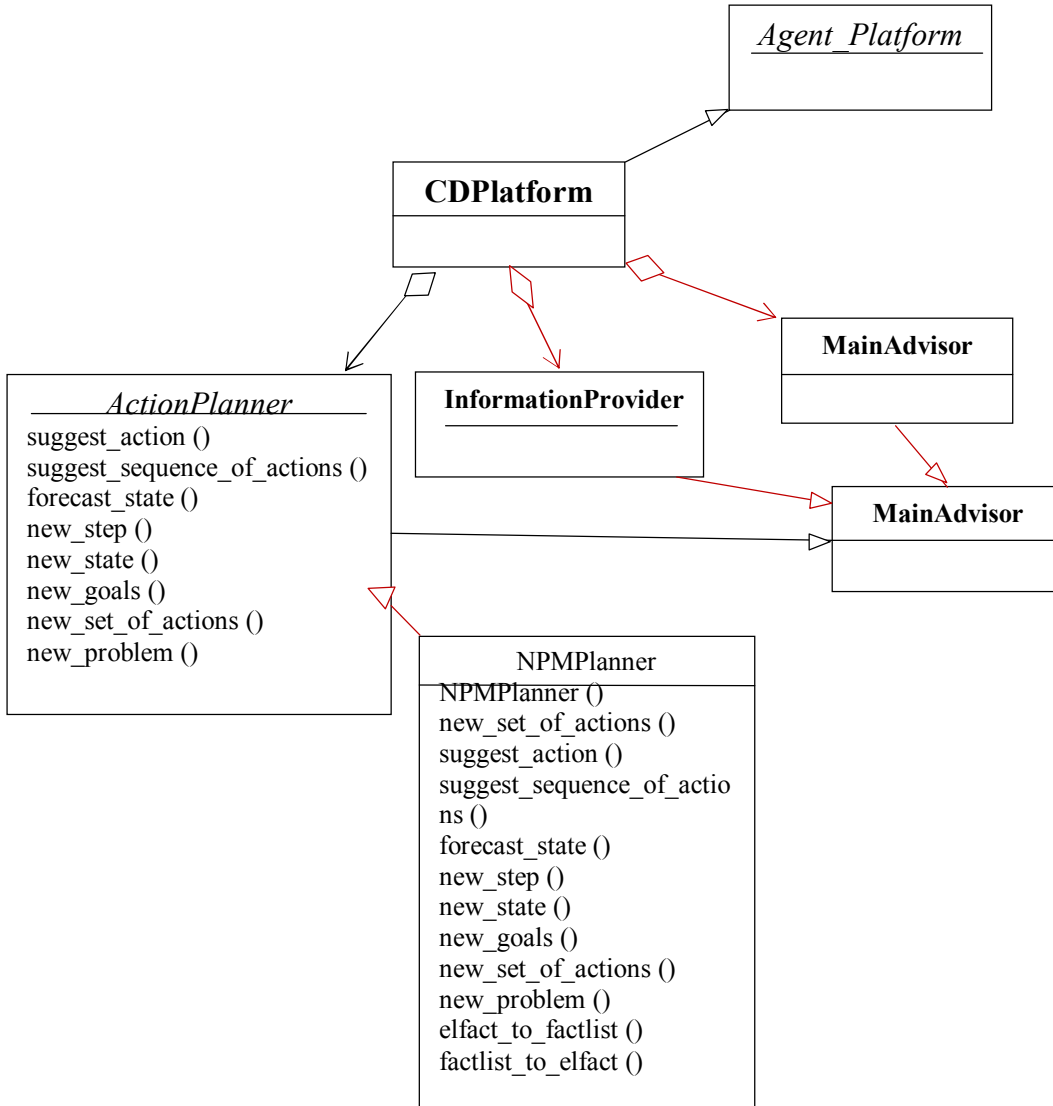


Рис. 6. Діаграма класів СППР зі спеціалізацією класу NPMPanner, нотація UML [12]

У запропонованій СППР систему планування реалізовано на методах мережевого планування й управління (Network Planning and Management, *NPM Planner*). Відкритість системи передбачає, що у майбутньому для інших предметних областей можуть бути застосовані інші методи планування;

2) можливість покращення, розширення або заміни моделі предметної області дозволяє розглядати планувальника як функціональний модуль, незалежний від предметної області та типу надзвичайної ситуації. Це досягається окремим зберіганням загальної інформації про надзвичайні ситуації та оперативних знань (доступних дій) у бібліотеці дій.

Вказані вимоги є базовими властивостями класу *NPMPlanner* і реалізовані як агент *NPMPlanner*, що є поточною реалізацією *ActionPlanner*.

Обидві вимоги було вставлено як властивості класу *NPMPlanner* і реалізовано у вигляді агента *NPMPlanner*, що є поточною реалізацією *ActionPlanner*.

Нафтовий термінал порту є складним динамічним середовищем з великою кількістю різноманітних об'єктів, які, в основному, синхронно функціонують задля досягнення загальної мети. Поведінка кожного об'єкта та їх сукупності залежить від багатьох параметрів, які часто не піддаються безпосередньому спостереженню. Крім того, на них постійно впливають гідрометеорологічні явища та людський фактор. І якщо динаміку руху об'єктів у порту, переміщення величезних об'ємів повітря і водних мас з певним ступенем ймовірності можна розрахувати на основі моделей руху, то поведінка людини, насамперед ОПР, часто є непередбачуваною.

Тому планування дій на випадок НС в нафтовому терміналі порту стикається з величезними труднощами, викликаними, насамперед, представленням динаміки портового середовища детермінованими доменними моделями. У цьому випадку наслідки будь-якої конкретної дії не відомі априорі, а можуть бути лише прогнозними або ймовірнісними. Для досягнення конкретних цільових станів планування управління НС застосовується процесно-орієнтований підхід, коли цілі локалізуються на більш високому рівні абстракції (мета-рівні). Так, верхня ціль, що впливає з максимальних уподобань агента, може складатися у постійному утриманні всієї споруди під контролем.

Ефективність планування управління НС залежить від минулого досвіду у прийнятті рішень у подібних випадках та його адаптації до поточного стану шляхом використання міркувань на основі конкретних прикладів при застосуванні методів розв'язання проблем міркуванням за аналогією або міркування на основі прецедентів (Case-Based Reasoning – CBR).

Для прискорення оптимізації процесу планування використовуються методи CBR. Система підтримки прийняття рішень, використовуючи CBR-метод, на основі близьких минулих ситуацій може розв'язувати нові завдання. Підґрунтям CBR є пошук найбільш схожого попереднього випадку, його повторне використання, перегляд і збереження (оновлення) даних з урахуванням нового отриманого досвіду, а також узагальнення/спеціалізація (рис. 7). Після знаходження рішення аналогічного випадку його намагаються повторно використати до розв'язання поточної проблеми. Далі здійснюється перегляд і зберігання оновлених даних з урахуванням нового отриманого досвіду. Якщо жоден знайдений аналог є недостатньо придатним для повторного використання, передбачається узагальнення

(додавання спільності між кількома випадками) або спеціалізація (видалення деталей доти, доки новий випадок не стане схожим на відомий) одного чи кількох випадків. Аналогічно функціонують штучні нейронні мережі у процесі машинного навчання, обчислюючи результат на основі попередніх подібних ситуацій та повторно використовуючи знання у подібних ситуаціях.

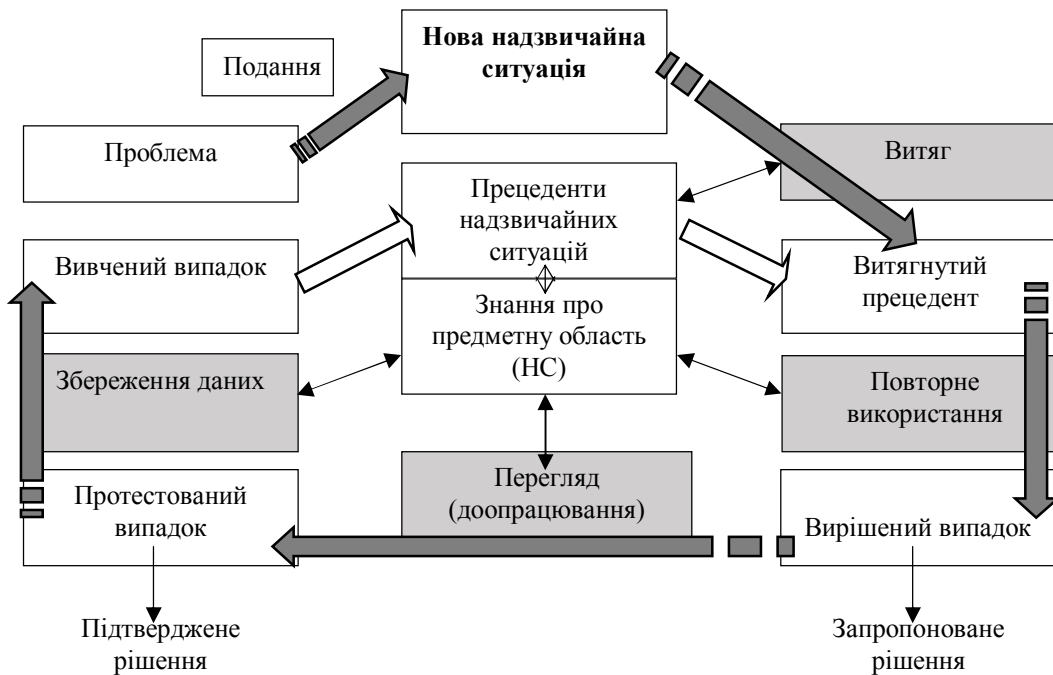


Рис. 7. Принцип функціонування CBR-методу

CBR-підхід як основне використовує поняття прецедент (case). Тобто це – структуроване подання накопиченого досвіду у вигляді даних і знань про проблемну ситуацію та її розв'язання шляхом виконання певних дій за допомогою спеціалізованих програмних систем.

Накопичена база прецедентів, специфічна для даної доменної області, дозволить автоматизовано розв'язувати проблеми на основі CBR-підходу. Для реалізації CBR-методу основні компоненти NPM Planner (рис. 8) виконують такі функції:

- контролер керує процесом вивчення нового досвіду з реального і симульованого середовищ;
- симулятор відповідно до заданої стратегії виконує послідовність кроків симуляції;
- в імітаційному середовищі моделюється перехід між станами при виконанні заданої дії, виграш (R) та величина функції «стан-дія» (функція Q);
- компонент CBR керує базою прецедентів дій та базою прецедентів Q-функцій.

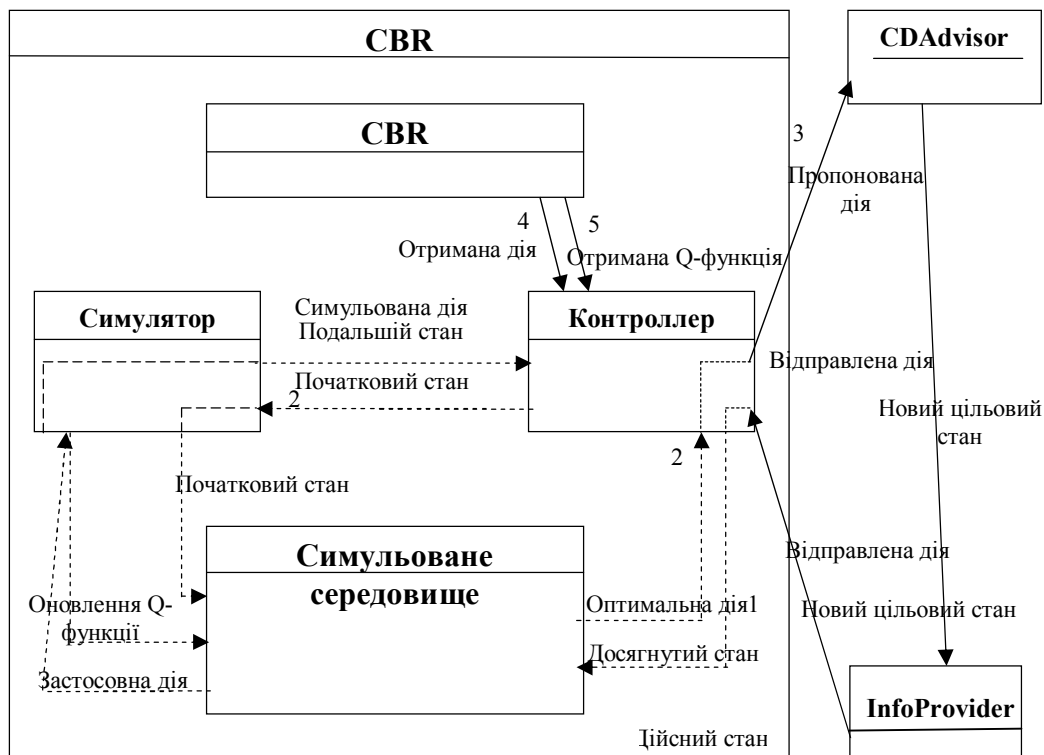


Рис. 8. Архітектура СППР зі спеціалізацією агента ActionPlanner
(CDAAdvisor = MainAdvisor Agent), нотація UML

Кожне управлінське втручання в області, де виникла надзвичайна ситуація, виконується підпорядкованими агентами і вимагає обміну повідомленнями (завдання в домені, завдання для експертів і завдання для виконавців).

MainAdvisor є інтерфейсом між джерелами (постачальником) інформації та планувальником втручань і людиною.

Користувач взаємодіє з СППР при:

- 1) налаштуванні карти домену;
- 2) налаштуванні НС з редагуванням типу надзвичайної ситуації, початкових даних, можливих цілей втручання та ролі керівника;
- 3) демонстраційному інтерактивному сеансі управління НС.

Демонстрація ілюструє сценарій простої надзвичайної ситуації, яка, з точки зору теорії ігор, є грою з природою. Менеджер з надзвичайних ситуацій із заздалегідь визначеною роллю (оператор чи гравець) може змінити/оновити домен і правила гри за допомогою інтерфейсного модуля MainAdvisor. Агент Precedency Manager, визначаючи цілі функціонування СППР, відповідно до початкового стану оточуючого середовища і тенденцій розвитку НС, організує взаємодію всіх складових системи та реалізує можливі шляхи досягнення локальних і глобальних цілей функціонування СППР.

При розгляді типової надзвичайної ситуації вводиться карта, яка є територію НС з інфраструктурою; поточний стан НС і можливі операції (маніпуляції, втручання або дії) на карті. Під час типової надзвичайної ситуації оператор ідентифікує поточний стан надзвичайної ситуації (тобто шукає причини події способом зворотного поширення). Далі способом поширення вперед гравець визначає наслідки, тобто розробляє план втручання (дії) для досягнення мети (поточного максимально бажаного стану) в базі вподобань. Якщо оператор не має підтримки, то він сам обирає джерела даних, інформацію, дію або розробляє та виконує втручання. При підтримці оператор обирати дії лише із запропонованих системою.

Загальний алгоритм функціонування СППР є таким:

1. Менеджер з надзвичайних ситуацій вносить нові факти про зміни в області надзвичайної ситуації.
2. СППР надає дані про поточний стан домену надзвичайної ситуації.
3. Менеджер з НС обирає ціль втручання зі списку можливих цілей.
4. СППР представляє план втручання у вигляді послідовності дій.
5. При появі нових фактів від менеджера з НС користувач вирішує, до якого пункту (3 або 4) він переходить.

Інтерфейс користувача СППР складається з головного вікна, що виконує роль стартової панелі, та низки панелей, призначених для введення/виведення певного типу даних (інформації, цілей та знань). Головне вікно розділене на чотири різні області (рис. 9), де основну частину займає відображення постійно оновлюваної карти.



Рис. 9. Приклад вікон інтерфейсу IDA

Нижче карти розміщені кнопки управління картографічними командами і завантаження графічного файлу з картою НС. У верхній правій частині екрану відображаються таблиці, що надходять безпосередньо з баз даних. Під нею згруповані кнопки для отримання найважливішої інформації про стан об'єктів, цілі, запропоновані дії або плани тощо. На кожну з цих команд система відповідає, групуючи найбільш детальну інформацію відповідно до типу команди.

Так, кнопки «ЦЛЛ» відповідає панель зі списком цілей, які вже існують для конкретної надзвичайної ситуації, і кнопки для створення нових локальних цілей втручання, їх видалення та переупорядкування.

Висновки. Пропонована СППР урахує загальні принципи побудови архітектури ІРК і концепцію персоноїда як специфічного абстрактного інтелектуального агента.

Основна увага у СППР була зосереджена на представленні дескриптивних знань предметної області у вигляді нечітких множин абстрактно-об'єктного світу, а також на її моделюванні за допомогою об'єктно-орієнтованих мов [12; 13].

Операційні знання предметної області були концептуалізовані як STRIP-подібні оператори, збагачені нечіткими множинами з відповідною функцією приналежності. Було визначено метод планування, який був реалізований з використанням методів мережевого планування та управління.

Отримані результати повинні дозволити структурне розділення вподобань і знань на різних рівнях міркувань СППР. Концептуальна гіпотеза ІРК була практично перевірена шляхом моделювання надзвичайної ситуації в нафтовому терміналі порту. Основним напрямком подальших досліджень є реалізація агента управління вподобаннями з автоматичним вибором мети втручання. Крім того, планується розробити процедуру розділення інформації, знань і вподобань на структурних мета-рівнях системи, що дозволить автоматично модифікувати використовувані методи міркувань, бази правил вподобань та оперативних знань.

Розроблені моделі описових знань необхідно протестувати для інших конкретних доменів надзвичайних ситуацій в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності та неповноти наявної інформації.

У випадку модифікованої персоноїдної моделі відповідні методи можуть бути додані, модифіковані та перевірені без модифікації незмінної, повторюваної, інкрементної та рекурсивної архітектури ІРК ядра ІСППР.

REFERENCES

1. Bologna S., Gadomski A.M. (1996). MINDES program managerial intelligent node of decision-support for emergency supervision. In Proceedings of the GEMINI (Global Emergency Management International Network Initiative) Meeting, ENEA Press, Rome.

2. Almukhlifi A., Taji K. (2020). «A framework for intelligent decision support systems in emergency response operations.» *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 50, P. 101812. DOI: 10.1016/j.ijdr.2020.101812.
3. Jiang X., Lu X. (2021). An intelligent decision support system for emergency management: integrating machine learning and optimization // *Journal of Decision Systems*. Vol. 30. No. 2. P. 120-135. DOI: 10.1080/12460125.2021.1879875.
4. Moya J., Pérez M., Herrera, F. (2021). Intelligent decision support systems for large-scale emergencies: A survey.. *Information Fusion*, Vol. 67P. 31-47. DOI: 10.1016/j.inffus.2020.08.010.
5. Zhu Y., Gao Q., Zhang, J. (2019). Towards a real-time decision support system for emergency management: A framework and key technologies. *IEEE Access*, Vol. 7, P. 165282-165296. DOI: 10.1109/ACCESS. 2019. 2952159.
6. González-Ruiz C., Martínez-Almela A. (2019). Advanced decision support systems for emergency management: A review of recent developments and future directions.. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*. Vol. 49. No. 8 P. 1601-1614. DOI: 10.1109/TSMC.2019. 2902490.
7. Gadomski A.M., Di Costanzo G. (1996). Intelligent decision support system for industrial accident management. In *Proceedings of 8th European Simulation Symposium*, A.G. Bruzzone and J.H. Kerckhoffs (Eds.), SCS International Press, Genoa, P. 137-141.
8. Gadomski A.M., Bologna S., Di Costanzo G., Perini A., Schaerf M. Towards intelligent decision support systems for emergency managers: the IDA approach // *International Journal of Risk Assessment and Management*, 2001. Vol. 2. No.3/4. P. 224-242. DOI: 10.1504/IJRAM.2001.001507.
9. Smith M. and Carver S. (2022). Agent-based modeling for emergency management: A new approach to simulate human behavior in disaster scenarios // *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 25. No. 1. DOI: 10.18564/jasss.4697.
10. Balducelli C., Bologna S., Di Costanzo G., Gadomski A.M., Vicoli G. (1995). Computer aided training for cooperating emergency managers: some results of the MUSTER project. In *Proceedings of the MEMbrain Conference on International Aspects of Emergency Management and Environmental Technology*, H. Drager (Ed.), A/Q Quasar Consultants Press, Norway, Oslo, P. 433-444.
11. Aamodt A., Plaza E. (1994). Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations and system approaches. *Artificial Intelligence Communications*, J., IOS Press. Vol. 7. No. 1. P. 39-59.
12. Quatrani T. (1998). *Visual Modelling with Rational Rose and UML*. Addison-Wesley Longman Inc, Reading, Massachusetts.

13. Kim S., Park J. (2020). Enhanced decision-making framework for emergency management using multi-agent systems // Journal of Computational Science. Vol. 41. P. 101082. DOI: 10.1016/j.jocs.2020.101082.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2024

Посилання на статтю: Хусейн Ю.М. Система підтримки прийняття рішень для реагування на надзвичайні ситуації у порту // *Вісник Одеського національного морського університету*: Зб. наук. праць, 2024. № 3 (74). С. 103-120. DOI 10.47049/2226-1893-2024-3-103-120.

Article received 12.04.2024

Reference a journal artic: Khussein Yunoniia. Regdevelopment of decision support system for emergency response operations in port // *Herald of the Odessa national maritime university*: Coll. scient. works, 2024. № 3 (74). P. 103-120. DOI 10.47049/2226-1893-2024-3-103-120.