

DOI <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2026-26-2-7>

УДК 004.827:519.816

А. В. Швед¹, д-ка техн. наук, проф.

ORCID: 0000-0003-4372-7472

Є. О. Давиденко², канд. техн. наук, доц.

ORCID: 0000-0002-0547-3689

*Чорноморський національний університет імені Петра Могили*¹e-mail: avshved@chmnu.edu.ua²e-mail: davydenko@chmnu.edu.ua

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ ПОЗАШТАТНИХ СИТУАЦІЙ

Анотація. Метою роботи є дослідження нових підходів спрямованих на вирішення задачі синтезу та прийняття ефективних рішень в складних системах. Розглянуто питання застосування методів ситуаційного моделювання для забезпечення підтримки процесів прийняття рішень в умовах позаштатних ситуацій. Дістав подальшого розвитку *СВР*-підхід на основі математичного апарату теорії грубих множин. Запропонований підхід дозволяє розбивати базу прецедентів на класи за ступенем приналежності прецеденту до сформованої цільової множини, що в свою чергу забезпечує можливість звуження множини пошуку прототипів рішень, які відповідають параметрам поточної проблемної ситуації. Запропонований підхід становить теоретичну основу для побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у складних системах управління.

Ключові слова: ситуаційне моделювання, проблемна ситуація, метод міркувань за прецедентами, теорія грубих множин, апроксимація цільової множини.

Постановка проблеми. В основу концепції побудови складних систем покладено системний підхід, який дозволяє розглядати систему через сукупність взаємопов'язаних елементів (підсистем, компонентів), що взаємодіють із зовнішнім середовищем через входи (сигнали, запити, ресурси, дані та ін.) та виходи, що відображають результати її функціонування. Складні системи характеризуються багатокомпонентністю, емерджентністю, нелінійністю, структурною та функціональною складністю, адаптивністю, високим ризиком виникнення позаштатних унікальних ситуацій, що можуть мати важкі наслідки. Управління сучасними складними системами в умовах високого рівня невизначеності, мінливості зовнішнього та внутрішнього середовища, обмеженості ресурсної бази, ускладнення процесів, що в них протікають, вимагає постійної адаптації та координації дій спрямованих на забезпечення їх стійкого функціонування. В таких умовах виникає необхідність застосування більш гнучких та ефективних принципів управління та вирішення поточних технологічних проблемних ситуацій.

Ситуаційне управління це такий підхід в управлінні, який дозволяє вирішувати слабоструктуровані або частково формалізовані задачі, що виникають у складних організаційних, технічних, соціальних, економічних, та ін. системах. В основу такого управління покладені принципи командної роботи та синтезу колективних управлінських рішень в умовах реального часу по мірі виникнення проблем відповідно до поточної ситуації. Під ситуацією розуміється оцінка (аналіз, узагальнення) стану характеристик об'єктів системи та зв'язків між ними [1]. Ситуаційне управління передбачає регулювання штатних і «проблемних» (позаштатних) ситуацій, що виникають у складних системах. До позаштатних відносяться такі ситуації, що виникають в процесі експлуатації різних систем та не носять типовий характер, для них не напрацьовано алгоритми їх вирішення та вони сприяють виникненню небезпечних станів в системах, що мають високий ризик катастрофічних наслідків.



Методи ситуаційного управління спираються на суб'єктивні, евристичні знання фахівців та адаптуються під поточну проблемну ситуацію, яка потребує вирішення. Ефективним інструментом ситуаційного управління є метод міркувань за прецедентами (*CBR* – Case-Based Reasoning), який використовує накопичений досвід для вирішення поточних проблемних ситуацій.

Аналіз останніх досліджень. В основу *CBR*-підходу покладена ідея повторного використання раніше вирішених проблем (прецедентів). Кожен прецедент акумулює параметри проблемної ситуації та досвід її вирішення. Відповідно до [9] прецедент являє собою фрагмент знання відповідної предметної області в конкретному контексті, що зберігає досвід, необхідний для досягнення мети аналітика (експерта), що аналізує та вирішує проблемну ситуацію. *CBR*-підхід успішно використовується в різних галузях людської діяльності (медицина, техніка, юриспруденція та ін.), а також активно застосовується в системах експертного діагностування, підтримки прийняття рішень, ситуаційного управління, при вирішенні задач пошуку рішень в маловивчених предметних областях, прогнозування, узагальнення накопиченого досвіду [1, 2, 12].

База прецедентів (БПр) містить інформацію про опис проблемних ситуацій, що відбулись, та досвід їх вирішення. При створенні БПр для опису існуючої системи знань щодо певної предметної області необхідно вирішити наступні питання: визначення параметрів (атрибутів, характеристичних ознак), що описують прецедент, визначення способу представлення (моделі) для опису та подання прецедентів у базі прецедентів, та способу організації прецедентів у БПр. В основу проєктування структури БПр можуть бути покладені різні моделі даних від класичних (ієрархічна, реляційна) до сучасних, таких як об'єктно-орієнтована, нереляційна, наприклад, документо-орієнтована, та інші [7].

В основу методу міркувань за прецедентами покладено *CBR*-цикл [2, 4, 8, 10]. Найбільшого поширення набув *CBR*-цикл, запропонований у [2], який складається із чотирьох послідовних етапів: вилучення, повторне використання, перегляд та збереження нового прецеденту.

Перший етап (пошук прецедентів) полягає у пошуку та вилученні із бази прецедентів одного або декількох найбільш близьких прецедентів до аналізованої проблемної ситуації. На другому етапі відбувається спроба вирішення поточної проблемної ситуації (задачі) за рахунок розробки та впровадження адаптованих до нового кейсу (прецеденту) рішень на основі отриманої інформації та знань, що містяться у вилученого прецеденту. У разі неможливості адаптації вилученого прецеденту відбувається його перегляд та корегування у відповідності до поточної задачі. Останній етап полягає у збереженні нового прецеденту та прийнятого рішення для вирішення аналогічних проблем у майбутньому.

Зазвичай для опису прецеденту використовується параметрична модель, яка дозволяє описати сукупність характеристичних ознак, що дозволяють однозначно охарактеризувати проблемну ситуацію, описати множину можливих значень, які можуть приймати відповідні ознаки, визначити їх значущість шляхом введення вагових коефіцієнтів.

В такому випадку для опису прецеденту може бути використана бінарна пара виду

$$Case = \{S, D\}. \quad (1)$$

В моделі (1) параметр S містить опис аналізованої проблемної ситуації, параметр $D = \{d_j \mid j = \overline{1, m}\}$ описує сукупність характеристичних ознак можливого рішення поточної проблемної ситуації.

В модель виду (1) може бути введений додатковий параметр R , який містить опис результату впровадження відповідного рішення.

Проте подання прецеденту у вигляді моделі (1) не дозволяє врахувати існуючі залежності між його параметрами. Зазначена проблема може бути вирішена на основі комбінованого під-



ходу, який дозволяє вдосконалити та розширити параметричне подання прецеденту елементами онтологічної моделі у вигляді фреймів, продукційних правил, семантичних мереж та ін. [7]. Такий підхід дозволяє більш точно відображати особливості та специфіку проблемної ситуації.

Подання прецедентів на основі фреймів є більш простим та природнім способом структурованого подання існуючої системи знань. Фрейм має певну внутрішню структуру, яка складається із переліку слотів. Кожен слот подається певною структурою даних, яка дозволяє організувати та представити існуючу систему знань, що характеризує досліджуваний об'єкт. У термінології *CBR* фрейм може представляти прецедент, тоді як слот буде ототожнюватися із параметром (атрибутом) прецеденту [11]. Слот може містити примітивне значення або вказівник на інший фрейм; прецеденти, подані як фрейми, також можуть мати семантичні зв'язки, їх параметри можуть бути як примітивними так і складеними.

Об'єктно-орієнтоване подання прецедентів дозволяє представляти дані більш складної структури. В цьому випадку прецеденти представляються як колекції об'єктів, кожен з яких описується набором пар атрибут-значення. Структура об'єкта описується класом об'єкта [6].

Текстове подання прецедентів використовується у *CBR*-системах в яких деякі або всі наявні джерела знань доступні лише в текстовому форматі. Пошук прецедентів сформованих на основі текстових описів є більш складною задачею, оскільки вимагає більших обчислювальних ресурсів [5].

Ієрархічне подання прецедентів дозволяє описати прецеденти у вигляді деревоподібної або графоподібної структури, наприклад, на основі семантичних мереж. Таке подання дозволяє описати різні відношення між параметрами; представляти знання про предметну область в наглядній та структурованій формі; будувати представлення прецедентів на різних рівнях абстракції, що дозволяє проводити пошук на відповідному рівні абстракції за меншою кількістю параметрів [17].

Подання прецедентів на основі продукційної моделі дозволяє описати і встановити залежності між параметрами прецедентів і проблемної ситуації для конкретної предметної області на основі експертних правил продукційного типу («ЯКЩО» *умова*, «ТО» *дія*). У цьому випадку прецеденти можна представити як сукупність предикатів [16]. Предикати, які не мають умовної частини, є фактами. Перевагою представлення предикатів є те, що такий підхід використовує як правила, так і факти для представлення прецеденту [7].

Для вирішення задачі пошуку та вилучення прецедентів із БПр найбільшого поширення набули [3, 16]: метод вилучення прецедентів на основі дерева рішень, метод вилучення прецедентів на основі знань, індуктивні підходи, метод найближчого сусіда.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Припустимо, що в деякий момент часу t в системі виникає позаштатна ситуація $s(t) \in S$, що потребує вирішення. Проблемна ситуація може бути охарактеризована переліком кількісних та якісних ознак (параметрів) та описана кортежем виду:

$$s(t) = \langle P, V \rangle, \quad (2)$$

де $P = \{p_i \mid i = \overline{1, m}\}$ – не порожня скінчена множина параметрів поточної ситуації;

$V = \bigcup_{p_i \in P} V_{p_i}$ – не порожня скінчена множина значень відповідних параметрів $p_i \in P$.

Проблемна ситуація $s(t) \in S$ характеризує такий стан системи, при якому значення показників $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ мають певні відхилення від заданих базових (запланованих) значень, які характеризують стабільну роботу системи.



Модель (2) може бути доповнена додатковим параметром $W = \{w_i \mid i = \overline{1, m}\}$ – множиною вагових коефіцієнтів відповідних параметрів.

Задача полягає у пошуку ефективного управлінського рішення d для вирішення проблемної ситуації $s(t) \in S$, з метою запобігання, або мінімізації її негативних наслідків.

Виходячи із нотації СВР-підходу опис проблемної (позаштатної) ситуації $s(t)$ та шляхів її вирішення може бути поданий у формі прецеденту відповідно до моделі (1)

$$Case_{s(t)} = \langle s(t), d \rangle.$$

Таким чином, множина всіх вирішуваних в рамках модельованої предметної області проблемних ситуацій та ухвалених для їх вирішення рішень утворюють БПр системи $CL = \{Case_{s(t)}^l \mid l = \overline{1, k}\}$, $k = |S|$.

Для пошуку можливих шляхів вирішення проблемної ситуації поданої прецедентом $Case_{s(t)}$ необхідно серед елементів БПр CL визначити таку підмножину $CL' \subset CL$, елементи якої в найбільшій мірі відповідають поточній проблемній ситуації $Case_{s(t)}$.

Для вирішення поставленої задачі в роботі пропонується підхід до класифікації прецедентів у БПр за рахунок введення специфічних видів апроксимацій в рамках математичної нотації теорії грубих множин (ТГМ) та пошуку такого прецеденту $Case_l \in CL$ (підмножини прецедентів $CL' \subset CL$), який є найбільш близьким до цільового прецеденту $Case_{s(t)}$.

Основна частина. В рамках ТГМ існуючі знання відносно аналізованої предметної області можуть бути структуровані та подані у вигляді реляційної системи виду [13, 15]:

$$K = (U, R), \quad (3)$$

де $U \neq \emptyset$ – кінцева множина елементів (аналізованих об'єктів);

R – сімейство відношень еквівалентності на U , на основі якого можуть бути сформовані класи еквівалентності $IND(R)$ елементів U .

Тоді через $[x]R$ позначимо клас (категорію) в R , що містить елемент $x \in U$. В межах кожного такого класу елементи U вважаються невідмінними.

Цільова множина $X \subseteq U$ вважається R -точною (або R -визначеною), в базі знань K , якщо вона є об'єднанням деяких категорій, що виділені на U шляхом відношення еквівалентності R [13, 15]. Якщо X не може бути точно визначена в базі знань K , то така цільова множина $X \subseteq U$ вважається R -неточною або R -грубою [13, 15].

Введемо поняття відношення приналежності елемента U . ТГМ трактує відношення приналежності елемента до певної цільової множини в більш широкому сенсі ніж теорія множин: елемент x із точністю належить заданій цільовій множині X при існуючих знаннях R (нижнє відношення приналежності); можливо, що елемент x належить цільовій множині X при існуючих знаннях R (верхнє відношення приналежності); елемент x не належить цільовій множині.

Ступінь приналежності елемента заданій цільовій множині в ТГМ визначається шляхом введення специфічних видів апроксимацій цільової множини [13, 15]:

\underline{R} -нижньою апроксимацією множини X вважається така підмножина елементів U , які із упевненістю належать до цільової множини X :

$$\underline{R}X = \{x \in U : [x]_R \subseteq X\}, \text{ або } x \in \underline{R}X, \text{ за умови } [x]_R \subseteq X. \quad (4)$$

\overline{R} -верхньою апроксимацією множини X вважається така підмножина елементів U , які можуть належати до цільової множини X :

$$\overline{R}X = \{x \in U : [x]_R \cap X \neq \emptyset\}, \text{ або } x \in \overline{R}X, \text{ за умови } [x]_R \cap X \neq \emptyset. \quad (5)$$



На основі \bar{R} -верхньої апроксимації можна визначити підмножину елементів U , які точно не належать до X , такі елементи входять до негативної області X [13, 15]:

$$NEG_R(X) = U - \bar{R}X. \quad (6)$$

Підмножина елементів U , які одночасно належать \bar{R} -верхній апроксимації та не входять до її \underline{R} -нижньої апроксимації, відноситься до граничної області грубої множини X [13, 15]:

$$BN_R(X) = \bar{R}X - \underline{R}X. \quad (7)$$

Гранична область містить елементи універсуму, які потенційно можуть належати до множини X . Це область невизначеності, для коректного поводження з якою була розроблена теорія грубих множин.

При вирішенні задачі класифікації методи ТГМ дозволяють моделювати невизначеність щодо приналежності деяких елементів універсуму заданій цільовій множині, а також оцінювати ступінь цієї невизначеності або повноти наявних знань [14]:

$$\alpha_R(X) = \frac{|\underline{R}X|}{|\bar{R}X|}, \quad X \neq \emptyset, \quad (8)$$

де $|Y|$ – кардинальність множини Y .

Розглянемо основні положення процедури класифікації елементів БПр за ступенем приналежності прецедентів деякій визначеній цільовій множині та пошуку найбільш подібного до цільової ситуації прецеденту використовуючи комбінований підхід на основі методів ТГМ та CBR-підходу.

Згідно з нотацією теорії грубих множин БПр CL може бути поставлена у відповідність бази знань виду (3), де $U = CL = \{Case_l \mid l = \overline{1, k}\}$ – універсум прецедентів; R – відношення еквівалентності. Припустимо, що задано деякий цільовий прецедент, що характеризує аналізовану проблемну ситуацію $Case_{targ}$. Прецеденти $Case_l \in CL$, $l = \overline{1, k}$ та цільовий прецедент $Case_{targ}$ відповідають моделі (1).

Якщо значення релевантної ознаки $p_i \in V_i$, що дозволяє описати поточну проблемну ситуацію, яка подана прецедентом $Case_{targ}$ відповідно до моделі (2), є безперервною величиною, то для проведення подальшого аналізу методами ТГМ вони мають бути дискретизовані.

На першому етапі запропонованої процедури вирішується задача формування цільової множини прецедентів $U_{targ} \subset U$, $U_{targ} = \{Case_j \mid j = \overline{1, b}\}$, $b \leq |U|$, $U_{targ} \neq \emptyset$. Цільова множина U_{targ} може бути задана провідним фахівцем аналізованої предметної області (аналітиком, експертом); формуватися за результатами процедури фільтрації прецедентів за сформованою сукупністю найбільш репрезентативних параметрів $p_i \in P'$ ($P' \subset P$) цільового прецеденту та заданих відповідних околиць їх значень (мінімальні та максимальні межі для пошуку). Ознаки (параметри прецеденту), які були використані при формуванні цільової множини видаляються із подальшого аналізу при виділенні класів еквівалентності, пошуку верхньої та нижньої апроксимацій цільової множини.

На другому етапі вирішується задача класифікації знань БПр на основі математичного апарату ТГМ. Виділимо наступні класи: клас cl_1 – містить такі $Case_l \in CL$, які із точністю належать до цільової множини $U_{targ} \subset U$; клас cl_2 – містить такі $Case_l \in CL$, які із упевненістю не належать до заданої $U_{targ} \subset U$.

Алгоритм бінарної класифікації можна представити наступними послідовними кроками:

1. Визначення класів еквівалентності $E = \{E_q \mid q = \overline{1, n}\}$ за заданою множиною класифікаційних атрибутів $P \setminus P'$: елементи $Case_l$ та $Case_j$ відносяться до одного класу E_q , якщо вони мають ідентичні значення всіх атрибутів $p_i \in P'$, $P' \subset P$.



2. Визначення \bar{R} -верхньої, R -нижньої апроксимацій та негативної області NEG_R цільової множини U_{targ} відповідно до (4)–(6).

3. Побудова правил класифікації:

$$\forall Case_i \in U : \begin{cases} Case_i \rightarrow cl_1, & \text{якщо } Case_i \in \underline{R}(U_{targ}); \\ Case_i \rightarrow cl_2, & \text{якщо } Case_i \in NEG(U_{targ}). \end{cases}$$

4. Звуження множини пошуку прототипів рішень для подальшого пошуку найбільш подібного до аналізованої проблемної ситуації прецеденту.

На основі отриманих на попередньому кроці результатів вихідна сукупність прецедентів звужується до області пошуку $U' = cl_1$. При такому підході із подальшого аналізу відкидаються $Case_i \in CL$, які за певних умов можуть належати до цільової множини $U_{targ} \subset U$.

Область подальшого пошуку прототипів рішень U' додатково може бути розширена за рахунок елементів граничної області цільової множини $U' = cl_1 \cup BN_R$.

На третьому етапі серед виділеного набору прецедентів $Case_j \in U'$, визначається найбільш близький (подібний) прецедент до аналізованої проблемної ситуації, наприклад, на основі метричних методів:

$$\min(d(Case_j, Case_{targ})), \forall Case_j \in U', 1 \leq j \leq |U'|,$$

де d – деяка міра близькості між аналізованими прецедентами в заданому метричному просторі, $d(Case_j, Case_{targ}) \in [0, 1]$.

Розглянемо основні принципи процесу синтезу рішень в складних системах в умовах позаштатних ситуацій на основі запропонованого підходу (рис. 1).

За результатами аналізу об'єкта управління здійснюється фіксація його фактичного стану в деякий момент часу t та оцінка відхилень поточних значень показників від планових (стандартних, нормативних). Наявність значних відхилень дозволяє ідентифікувати певні проблемні ситуації $s(t)$, що порушують стабільне функціонування об'єкта управління. Параметри поточної проблемної ситуації $s(t)$ передаються на вхід блоку пошуку прототипів рішень, в якому вирішуються три основні задачі: звуження множини пошуку прототипів рішень, пошук та вилучення із БПр такого рішення (прецеденту), або підмножини прецедентів, значення параметрів яких є найбільш подібними до значень параметрів поточної проблемної ситуації $s(t)$.

Наступним кроком є спроба застосування вилученого прецеденту для вирішення поточної проблемної ситуації $s(t)$. У разі неможливості повторного використання проводиться процедура перегляду та коригування вилученого прецеденту для забезпечення досягнення цілей необхідних для вирішення поточної проблемної ситуації $s(t)$. Таким чином формується новий кейс (прецедент) за рахунок адаптації отриманої інформації та знань, що містяться у вилученого прецеденту.

Запропоноване вирішення (управлінське рішення) поточної проблемної ситуації впроваджується у дію, здійснюючи вплив на об'єкт управління, оцінюється його якість та ефективність за ступенем досягнення поставлених цілей (зворотній зв'язок 1). Якщо запропоноване управлінське рішення не відповідає визначеним вимогам, то здійснюється його коригування (зворотній зв'язок 2), або коригуються параметри звуження та пошуку прототипів рішень, наприклад, вносяться зміни до цільової множини прецедентів (зворотній зв'язок 3).

Останнім етапом є збереження нового прецеденту до БПр, що описує сценарій вирішення поточної проблемної ситуації $s(t)$ та результати впровадження запропонованого рішення.

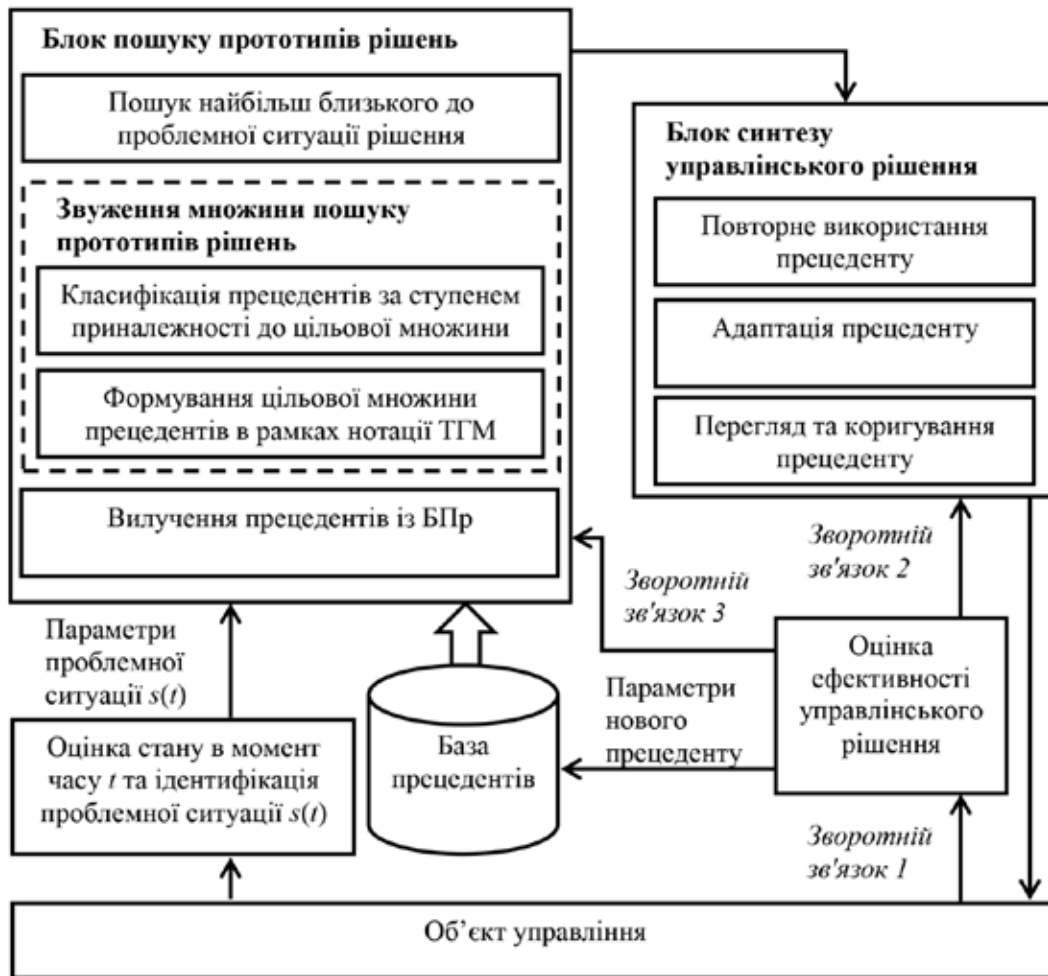


Рис. 1. Структурна схема процесу прийняття рішень в умовах позаштатних ситуацій

Висновки. В роботі досліджена проблематика застосування методів ситуаційного моделювання в складних системах для підтримки процесів синтезу та прийняття рішень при вирішенні нетипових ситуацій, використовуючи або адаптуючи вже накопичений досвід вирішення подібних задач. В якості «інструменту» пошуку прототипів варіантів вирішення поточної проблемної ситуації, які містяться в базі знань з метою їх можливого застосування чи адаптації, розглянуто метод міркувань на основі прецедентів.

В роботі досліджена можливість застосування методів теорії грубих множин для вирішення задачі подання та виведення знань на основі методу міркувань за прецедентами. Запропонована модифікація *CBR*-підходу дозволяє звужувати область пошуку прецедентів в базі, пришвидшуючи процедуру пошуку прототипів рішень. Область подальшого пошуку найбільш близького до аналізованої проблемної ситуації прецеденту може бути звужена до підмножини прецедентів, які із точністю належать до заданої цільової множини, або додатково розширена за рахунок прецедентів, що належать до граничної області заданої цільової множини. Цільова множина прецедентів може бути сформована на основі експертного підходу або за визначеним переліком параметрів прецеденту. Запропонований підхід може становити теоретичне підґрунтя для побудови прецедентних систем підтримки прийняття рішень у складних системах управління.

**Список використаних джерел**

1. Коваленко І. І., Швед А. В., Антіпова К. О. Моделі подання та виведення знань у системах ситуаційного управління: навч. посіб. Миколаїв: Ліон, 2018. 91 с.
2. Aamodt A., Plaza E. CBR: foundational issues, methodological variations and system approaches. *AI Communications*. 1994. 7(1). 39–59.
3. Abou Assali A., Lenne D., Debray B. Case Retrieval in OntologyBased CBR Systems. In: *Advances in Artificial Intelligence, Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg*. 2009. 5803. 564–571.
4. Allen B. Case-based reasoning: business applications. *Communications of the ACM*. 1994. 37(3). 40–42.
5. Ashley K., Stefanie B. Developing Mapping and Evaluation Techniques for Textual Case-Based Reasoning. AAAI Technical Report; WS-98-12. 1998.
6. Bergmann R. Experience Management: Foundations, Development Methodology, and Internet-Based Applications. Springer, 2002.
7. El-Sappagh S., Elmogy M. Case Based Reasoning: Case Representation Methodologies. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2015. 6(11). 192–208. DOI: 10.14569/IJACSA.2015.061126
8. Hunt J. Evolutionary case based design. In: *Progress in Case-based Reasoning. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg*, 1995. 1020. 17–31.
9. Kolodner J. Case-Based Reasoning. Morgan Kaufmann Publishers, 2014. 668 p.
10. Kolodner J., Leake D. A tutorial introduction to case-based reasoning. In *Case-Based Reasoning: Experiences, Lessons and Future Directions*. AAAI/MIT Press, 1996. 31–65.
11. Negnevitsky M. Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems. Addison-Wesley, 2004.
12. Pal S. K., Shiu S. C. K. Foundation of soft case-based reasoning. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2004. 300 p.
13. Pawlak Z. A Primer on rough sets: a new approach to drawing conclusions from data. *Cardozo Law Review*. 2001. 22(5). 1407–1415.
14. Pawlak Z. Rough classification. *International Journal of Man-Machine Studies*. 1983. 20 (5). 469–483.
15. Pawlak Z. Rough sets, theoretical aspects of reasoning about data. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1991. 229 p.
16. Simon S., Sankar P. Foundations of Soft Case-Based Reasoning. Wiley-Interscience, 2004.
17. Watsona I., Perera S. A hierarchical case representation using context guided retrieval. *Journal of Knowledge-Based Systems*. 1998. 11. 285–292.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 26.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 25.05.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



A. Shved, Ye. Davydenko

Petro Mohyla Black Sea National University

**SITUATIONAL MANAGEMENT IN COMPLEX SYSTEMS FOR EMERGENCY
DECISION-MAKING: APPLICATION AND APPROACHES****Summary**

The process of synthesis and decision-making in complex social, economic, technical, organizational, and other systems typically occurs under a high level of uncertainty, a dynamic external and internal environment, limited time and resources, and a significant number of contradictory factors that describe the complex processes occurring in such systems. The situation becomes more complicated when addressing strategic, long-term, complex problems, which are often poorly structured, difficult to formalize and solve rigorously theoretically. The paper considers the application of situational modeling methods to support decision-making processes in complex systems for extraordinary situations solving. Situational modeling methods allow overcoming the mentioned difficulties



and problems in solving weakly structured or partially formalized tasks that arise in complex systems, leveraging the accumulated professional experience of specialists in a given subject area. The paper considers the possibility of using of the case based reasoning method to provide support for decision-making processes in extraordinary situations. A modification of the CBR approach has been proposed based on the mathematical apparatus of rough set theory. The proposed approach involves defining approximations of the target set of precedents for the purpose of classifying precedents and subsequently searching for them in the database of precedents. Which in turn allows narrowing the search set of solution prototypes that match the parameters of the current problem situation, which in turn helps reduce the time required to solve the classification and search problems. The use of rough set theory methods allows for acquisition and processing of knowledge about precedents generated under uncertainty and the presence of imprecise, raw, contradictory source data. The proposed approach provides a theoretical basis for building intelligent decision support systems in complex management systems.

Keywords: situational modeling, abnormal situation, case-based reasoning, rough set theory, approximation of the target set.