

ЗАСТОСУВАННЯ CBR-ПІДХОДУ В СИСТЕМАХ СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ

У роботі досліджено проблематику ситуаційного управління та моделювання, розглянуто сучасні методи та інструменти реалізації ситуаційного менеджменту. Досліджено можливість та результативність застосування CBR-підходу при пошуку рішень нетипових, унікальних задач особливо в умовах обмеженості наявних ресурсів та невизначеності оточуючого середовища. Розглянуто ряд сучасних моделей подання і виведення знань в системах ситуаційного управління. Проаналізовано методи подання та вилучення знань на основі прецедентів.

Ключові слова: системи ситуаційного управління, прецедент, база знань, онтологія, метод міркувань на основі прецедентів

У сучасних умовах управління процесами, що протікають у сучасних соціальних, економічних, організаційних, технічних та інших системах стає все більш складним завданням, на вирішення якого безпосередньо впливає неминуче зростання складності таких систем, збільшення обсягів оброблюваної інформації, складна передбачуваність та посилення динамічності факторів зовнішнього середовища під впливом яких вони функціонують. В таких умовах застосування класичних моделей та принципів управління не сприяє підвищенню ефективності функціонування такої системи, що висуває задачу пошуку більш гнучких та ефективних механізмів та методів управління. Одним із таких підходів є ситуаційне управління, яке являє собою доповнення до стратегічного та оперативного менеджменту та полягає в пошуку шляхів вирішення поточної проблемної ситуації в реальному часі, спираючись на суб'єктивні і евристичні знання фахівців предметної області.

Основним завданням ситуаційного менеджменту є перенесення коригувальних дій у напрямі розвитку підприємства та розподілу ресурсів, які забезпечують реалізацію стратегічних цілей [2]. Важливо відзначити, що для вирішення проблемної ситуації створюються команди різних спеціалістів, які за результатами проведеного аналізу поточної проблемної ситуації шляхом командної роботи мають визначити найбільш прийнятний (ефективний, цінний) для підприємства з точки зору наявних ресурсів, часу реалізації та очікуваної вигоди варіант її вирішення.

Розглянемо формалізоване подання ситуаційного управління [1]. Під поточною ситуацією S розуміється сукупність поточного стану об'єктів (вектор станів X) та його зовнішньої сфери (вектор збурень F). Тоді поточна ситуація може бути описана кортежем виду $C = \langle X, F \rangle$.

Як «інструмент» реалізації принципів та підходів ситуаційного управління можуть бути використані інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень реального часу (ІСППР РЧ), складовою частиною яких є бази знань (БЗ). В основу створення БЗ покладені експертні знання про предметні області ситуацій, за якими потрібно оперативно приймати рішення, та їх подання у вигляді оптимальної моделі. Для формування БЗ та організації швидкого доступу до них останнім часом широкого розповсюдження набув метод міркувань на основі прецедентів. Міркування на основі прецедентів ґрунтуються на накопиченні досвіду і подальшій адаптації рішення вже відомої задачі до вирішення нової. В наукових публікаціях *прецедент* (від лат. *praecedentis* – попередній) визначається як випадок (ситуація), що мав місце раніше і який є прикладом для наступних ситуацій подібного роду [5, 8–10].

Метод міркувань на основі прецедентів (*CBR – Case-Based Reasoning*) успішно використовується в різних областях людської діяльності: в системах експертного діагностування, системах підтримки прийняття рішень, системах машинного навчання, при вирішенні задач прогнозування, узагальнення накопиченого досвіду, пошуку рішень в маловивчених предметних областях [3, 7, 11–13].

Виведення на основі прецедентів є підходом, що дозволяє вирішувати нову, невідому задачу, використовуючи або адаптуючи вже накопичений досвід вирішення подібних задач. Цей метод з'явився внаслідок того, що велика кількість практичних задач є погано формалізованими, причому невизначеність має неймовірнісний характер. При пошуку рішень подібних задач необхідно застосовувати методи правдоподібного виведення, що дозволяють знайти прийнятне (яке може і не бути оптимальним) рішення. Одним з підходів до цього є факт того, що людині (експерту; аналітику; особі, що приймає рішення) притаманно на першому етапі пошуку рішення нової (невідомої) задачі намагатися використовувати

рішення, які приймалися раніше в подібних ситуаціях, і при необхідності адаптувати їх до поточної проблеми (поточної проблемної ситуації).

Зазвичай, процес виведення на основі прецедентів складається із чотирьох послідовних етапів, які утворюють так званий цикл міркувань на основі прецедентів або CBR-цикл [5, 8–10].

Основними етапами CBR-циклу є:

- вилучення (*retrieve*) найбільш подібного до поточної ситуації прецеденту із бібліотеки прецедентів (БПр);
- повторне використання (*reuse*) вилученого прецеденту (за можливістю застосування існуючого в БПр рішення поточної проблеми);
- перегляд та адаптація (*revise*) – у випадку неможливості повторного використання прецеденту, відбувається вироблення нового рішення, шляхом внесення змін до вже існуючого рішення для обраного прецеденту для вирішення нової задачі (поточної проблемної ситуації);
- збереження (запам'ятовування) (*retain*) опису нової задачі та прийнятого рішення як частини нового прецеденту.

У загальному вигляді модель подання прецеденту містить опис ситуації і рішення для даної ситуації [5, 8–10]:

$$\text{CASE} = (\text{Sit}, \text{Sol}, \text{Res}), \quad (1)$$

де *Sit* – ситуація, що описує прецедент (параметри вихідної задачі); *Sol* – рішення що пропонується (рекомендації особи, що приймає рішення (ОПР)); *Res* – результат застосування рішення, який може включати список виконаних дій, додаткові коментарі та посилання на інші прецеденти, а також в деяких випадках може приводитися обґрунтування вибору даного рішення і можливі альтернативи.

Здебільшого для опису прецедентів достатньо параметричного подання у вигляді набору параметрів з конкретними значеннями і рішеннями [5, 8–10]:

$$\text{CASE} = (x_1, x_2, \dots, x_n, \text{Sol}), \quad (2)$$

де $x_1, x_2, \dots, x_n$ – параметри ситуації, яку описує прецедент ($x_1 \in X_1, x_2 \in X_2, \dots, x_n \in X_n$), n – кількість параметрів, *Sol* – рішення і рекомендації ОПР, $X_1, X_2, \dots, X_n$ – області допустимих значень відповідних параметрів.

Проте, в ряді випадків при параметричному представленні важко враховувати залежність між параметрами прецедента (наприклад, причинно-наслідкові залежності). Одним із способів вирішення такої проблеми є подання прецедентів на основі методології онтологій предметних областей.

Для формалізованого подання онтологій широкого розповсюдження набули фрейми, семантичні мережі, продукційні моделі, та ін. Такий підхід дозволяє будувати гібридні моделі подання прецедентів.

Параметрична модель подання прецедентів виду (2) може бути розширена елементами продукційної моделі через введення продукційних правил виду («ЯКЩО» *умова*, «ТО» *дія*). Продукційні правила складаються із двох частин (антецедент та консеквент) та дозволяють встановлювати існуючі залежності між параметрами прецедентів і проблемної ситуації для конкретної предметної області (ПрО), а також отримати висновки щодо невідомих фактів (наприклад, встановити відсутні значення будь-яких параметрів при описі поточної ситуації тощо) [6].

Для подання знань про ПрО в наглядній і структурованій формі модель (2) може бути вдосконалена за рахунок використання семантичних мереж (СМ). В СМ структура знань про ПрО формалізується у вигляді орієнтованого графа з позначеними вершинами і дугами. Вершини позначають параметри прецеденту; дуги – дозволяють описати різні відношення між параметрами [6].

В даний час запропонована ціла низка методів вилучення прецедентів із БПр [5, 8–10], кожен з яких має свої переваги та недоліки. До найбільш поширених можна віднести метод вилучення на основі дерев рішень, метод вилучення з урахуванням їх застосовності, метод найближчого сусіда, метод вилучення прецедентів на основі знань.

В методі вилучення прецедентів на основі дерева рішень кожна вершина дерева зазначає, в якій її гілці слід продовжувати пошук рішень. Вибір гілки здійснюється на основі інформації щодо поточної проблемної ситуації. Задача полягає в знаходженні шляху до кінцевої вершини, яка відповідає одному або декільком прецедентам.

Метод вилучення прецедентів на основі знань дозволяє враховувати знання експерта (ОПР) в межах конкретної ПрО (коефіцієнти важливості параметрів, виявлення залежності тощо) при вилученні прецедентів. Метод реалізує підхід, в основі якого покладена індексація прецедентів, враховуючи важливість їх параметрів та іншої додаткової інформації про ПрО.

В роботі [4] запропонована модифікація процедури вилучення прецедентів яка використовує експертні знання в двоетапній процедурі звуження вихідної множини прецедентів, яка передбачає попередню фільтрацію прецедентів, значення параметрів яких належать заданим околицям відповідних параметрів цільової ситуації на першому етапі, та додаткове звуження отриманої підмножини прецедентів методами теорії грубих множин на другому етапі. Запропонований алгоритм фільтрації прецедентів дозволяє відсікати частину БПр, яка не відповідає заданим граничним межах параметрів цільового прецеденту.

Процедура пошуку рішень в методі вилучення прецедентів з урахуванням їх застосовності базується не тільки на аналізі їх схожості із поточною проблемною ситуацією, але й на оцінці того наскільки якісну для бажаного результату модель вони собою являють. Метод припускає, що найбільш схожі з поточною

проблемною ситуацією прецеденти є і найбільш застосовані в цій ситуації. Таким чином, на вибір вилучених прецедентів впливає можливість їх успішного застосування (адаптація) в конкретній ситуації. У ряді випадків ця проблема вирішується шляхом збереження прецедентів разом з коментарями щодо їх застосування.

В основу методу найближчого сусіда (*NN – Nearest Neighbor*) покладена процедура оцінки ступеня подібності поточної проблемної ситуації до прецедентів з БПр. Для цього на множині параметрів, що використовуються для опису прецедентів і поточної проблемної ситуації, вводиться деяка метрика. Далі відповідно до обраної метрики визначається відстань від цільової точки, що відповідає значенню параметрів поточної проблемної ситуації, до точок, що представляють опис параметрів прецедентів із БПр. Обирається точка, яка є найближчою до цільової.

Висновки. Проаналізовано основні концепти ситуаційного моделювання та управління. Досліджено питання подання та виведення знань в системах ситуаційного управління на основі методу міркувань за прецедентами та його модифікаціями. Особлива увага приділена аналізу методів вилучення прецедентів із бібліотеки прецедентів, оскільки від тривалості процедури пошуку в значній мірі залежить час відгуку системи. Розглянуті підходи, незважаючи на свої переваги, мають ряд недоліків, серед яких можна виділити наступні: збір та попередня підготовка додаткової інформації; відсутність обґрунтованого уніфікованого підходу до вибору міри близькості; суб'єктивність вибору вагових коефіцієнтів важливості параметрів прецеденту, не стійкість до аномальних даних (викидів) та інші. В цих умовах виникає необхідність пошуку шляхів вирішення актуальної проблеми спрямованої на оптимізацію та підвищення ефективності процедури пошуку та вилучення прецедентів.

References

1. Kovalenko, I. I., Shved, A. V., & Antipova, K. O. (2018) *Modeli podannia ta vyvedennia znan u systemakh sytuatsiinoho upravlinnia* [Models of knowledge representation and extraction in situational management systems]. Mykolaiv: Ilion. 91 p. [in Ukrainian]
2. Zadorozhna, L. M. (2017) *Sytuatsiinyi menedzhment v systemi stratehichnoho i taktychnoho upravlinnia diialnistiu pidpriemstva* [Situational management in the system of strategic and tactical management of the enterprise activity]. *Biznes-navihator – Business Navigator*, 3(42), (pp. 35–38) [in Ukrainian]
3. Shved, A. V. (2022) *Osoblyvosti rozrobky system sytuatsiinoho upravlinnia realnoho chasu* [Features of real-time situational control systems developing]. *Olviyskyi forum-2022 - Olvia Forum - 2022: Strategies of the Black Sea Region Countries in the Geopolitical Space*: Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference. (Mykolaiv, Ukraine, 23–26 June. 2022) [in Ukrainian]
4. Shved, A. V., Davydenko, Ye. O., & Horban, H. V. (2024) Intellectual support of the processes of searching and extraction of precedents in Case-based reasoning approach. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (3), 107, (pp. 107–118). doi: 10.15588/1607-3274-2024-3-10 [in Ukrainian]
5. Aamodt, A., & Plaza, E. (1994) Case-based reasoning: fundamental issues, methodological variations and system approaches. *AI Communications*, 7(1), (pp. 39–59).
6. Hoekstra, R. J. (2009) *Ontology Representation: design patterns and ontologies that make sense*. IOS Press, Incorporated. 248 p. doi: 10.3233/978-1-60750-013-1-i
7. Kowalski, Z., Meler-Kapcia, M., Zieliński, S., & Drewka, M. (2005) CBR methodology application in an expert system for aided design ship's engine room automation. *Expert Systems with Applications*, 29(2), (pp. 256–263). doi: 10.1016/j.eswa.2005.03.002
8. Leake, D., Ye, X., & Crandall, D. (2021) Supporting case-based reasoning with neural networks: an illustration for case adaptation. *Combining Machine Learning and Knowledge Engineering: AAAI Spring Symposium AAAI-MAKE 2021, Palo Alto, California, USA, 22–24 March 2021: proceedings*. CEUR Workshop proceedings, 2846. Retrieved from: <https://ceur-ws.org/Vol-2846/paper1.pdf>
9. Pal, S. K., & Shiu, S. C. K. (2004) *Foundation of soft case-based reasoning*. New Jersey: John Wiley & Sons. 300 p.
10. Perner, P. (2019) Case-based reasoning – methods, techniques, and applications. In: Nyström I., Hernández Heredia Y., Milián Núñez V. (eds.) *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision, and Applications. CIARP 2019. Lecture Notes in Computer Science*, 11896, (pp. 16–30). doi: 10.1007/978-3-030-33904-3_2
11. Ramadhani, M., Sihombing, V., & Yanris, G. (2021) Application of the case based learning (CBR) method to diagnose conjunctivitis. *Sinkron*, 6, (pp. 176–182). doi: 10.33395/sinkron.v6i1.10908
12. Ramos-Quintana, F., Tovar-Sánchez, E., Saldarriaga-Noreña, H., Sotelo-Nava, H., Sánchez-Hernández, J.P., & Castrejón-Godínez, M.-L. (2019) A CBR–AHP hybrid method to support the decision-making process in the selection of environmental management actions. *Sustainability*, 11(20): 5649. doi: 10.3390/su11205649
13. Zhong, Q.-Y., Zhang, Y.-J., Qu, X.-F., Ye, X., & Qu, Y. (2008) Research on method of CBR and its application in emergency commanding and decision-making. *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing: 4th International Conference, Dalian, China, 12–14 October 2008: proceedings*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). P. 1–4. doi: 10.1109/WiCom.2008.2744

APPLICATION OF THE CBR APPROACH IN SITUATION MANAGEMENT SYSTEMS

The paper explores the tasks of situational management and modeling, considers modern situational management methods and tools. The possibility and effectiveness of using the CBR approach for finding solutions to atypical, unique problems, especially in conditions of limited available resources and uncertainty of the environment, are investigated. A set of modern models of knowledge representation and extraction in situational management systems are considered. Methods of knowledge representation and extraction based on precedents have been analyzed.

Key words: *situational management systems, precedent, knowledge base, ontology, CBR approach*

Відомості про авторів / Information about the Authors

Альона Швед, д-рка техн. наук, професорка, професорка кафедри інженерії програмного забезпечення Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: avshved@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4372-7472>.

Alona Shved, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Software Engineering of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: avshved@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4372-7472>.

Євген Давиденко, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: davydenko@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0547-3689>.

Yevhen Davydenko, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Software Engineering of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: davydenko@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0547-3689>.

