

ГІБРИДНА МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАНЬ ДЛЯ ІТ-ПРОЄКТУ СИСТЕМИ ГУМАНІТАРНОГО РЕАГУВАННЯ

Розглянуто особливості представлення знань в процесі управління ІТ-проєктами. Сформульовано вимоги до гібридної моделі представлення знань, обґрунтовано вибір компонентів моделі. Як основу для представлення знань використано поєднання методу міркувань на прецедентах з онтологією предметної області. Для врахування невизначеності на різних етапах проєкту модель розширено нечіткими елементами та процедурами нечіткого виведення. Тестування моделі на прикладі оцінювання ризиків проєкту показало підвищення якості класифікації ситуації в умовах невизначеності в порівнянні з використанням міркувань на прецедентах на 16 %.

1. Вступ.

Згідно з оцінкою Управління ООН з координації гуманітарних справ, наведеною у [1], внаслідок військових дій кількість людей в Україні, що потребують гуманітарної допомоги, у 2025 році досягла 12,7 мільйонів. Підвищені вимоги до швидкості реагування на виклики надзвичайних ситуацій вимагають розробки ефективних інформаційних систем (ІС), які засновані на інтелектуальних моделях представлення знань, отриманих з накопиченого досвіду вирішення подібних проблем.

Розробка системи гуманітарного реагування є складним слабо формалізованим процесом [2]. Практично кожний етап проєкту такого рівня характеризується високим ступенем унікальності та може значно відрізнятись від стандартного підходу до реалізації більшості ІТ-проєктів. Як особливості управління проєктом можна визначити важливу соціальну значимість, різноманітність факторів, які слід враховувати, підвищені вимоги до надійності та швидкості реалізації.

Динамічність зміни ситуації, обмеженість у часі, велика кількість стейкхолдерів з різноманітними, а інколи навіть з суперечливими вимогами, складність прийняття рішень і прогнозування їх наслідків в процесі розробки ІТ-проєкту та інші проблеми може бути вирішено за рахунок комплексного підходу до представлення знань шляхом поєднання декількох знання-орієнтованих моделей, направлених на специфіку предметної області та подолання невизначеності.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми дослідження

Дослідження щодо адаптації знання-орієнтованих моделей для представлення знань в ІТ-проєктах можна умовно розділити на дві групи:

- розробка та адаптація онтологічних моделей до особливостей предметної області;
- розширення можливостей представлення знань засобами нечіткої логіки.

В рамках розробки онтологій найкритичнішим є питання узгодження термінів і створення глосарію предметної області управління проєктами. Дослідження синтаксичних і семантичних подібностей і розбіжностей термінів чотирьох найвідоміших стандартів управління проєктами [3] показало, що є потреба у вдосконаленні цієї термінології для більшої послідовності, гармонізації та стандартизації в цій галузі.

Для узгодженості рішень в умовах ризику в [4] запропоновано онтологічну модель ситуаційного управління проєктами на базі Scrum. Онтологію може бути використано для виявлення параметрів і суттєвих факторів, що визначають ситуацію, взаємозв'язків між факторами та ступеня їхнього взаємовпливу.

В [2] пропонується розширення методу міркувань на прецедентах (Case-Based

Reasoning, CBR) онтологією предметної області гуманітарного реагування. Процедури збагачення онтології інформацією з різних джерел дозволяють поповнити опис ситуації в умовах невизначеності.

Системи нечіткого виведення застосовуються в управлінні проектами з метою подолання невизначеності ситуацій, як для загальної оцінки проекту, так і для прийняття рішень на різних його стадіях. Вплив системи управління знаннями на успішність реалізації проектів досліджується в [5] на основі економіко-математичної моделі, що базується на нечіткому логічному виведенні за алгоритмом Мамдані.

Запропонований в [6] метод розрахунку основних властивостей або параметрів проекту, прогнозування термінів його виконання з можливістю врахування форс-мажорних ситуацій, заснований на теорії мережного планування та управління та нечіткій логіці для розв'язання задачі нечіткої оптимізації, дозволяє оцінити різні варіанти виконання проекту та вибрати найефективніший за обраними критеріями.

Розширення відомих методологій управління проектами PERT та CPM за рахунок використання нечітких трикутних чисел [7] дозволяє оцінити час виконання проекту в умовах невизначеності деяких параметрів. Розроблену в [8] структуру експертної системи для управління бізнес-процесами ІТ-компанії побудовано на основі нечіткої логіки з використанням комбінованої моделі семантичної мережі та правил імплікації. Нечітка система [9] визначає пріоритетність завдань розробки проекту на основі аналізу метрик готовності, дозволу та складності.

Поєднання онтологічної моделі з нечіткою логікою [10] дозволяє керувати нечіткою та семантично збагаченою інформацією та забезпечувати ефективне розпізнавання знань. Доцільними є подальші дослідження в напрямку поєднання цих концепцій при представленні знань в рамках управління ІТ-проектами.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що методи та процедури вибору моделей та методів, що дозволяють періодично накопичувати існуючий досвід в рамках виконання ІТ-проекту ІС гуманітарного реагування, залишаються недостатньо розробленими. Тому проблему даного дослідження слід сформулювати як проблему ефективного накопичення знань в даній предметній області з урахуванням попереднього досвіду реагування на гуманітарні кризи.

3. Мета і задачі дослідження

Метою даного дослідження є розробка гібридної моделі для представлення знань на етапі виконання ІТ-проекту ІС гуманітарного реагування. Застосування багаторівневої онтологічної моделі паралельно з CBR дозволить семантично зв'язати концепти предметної області та підтримувати актуальність онтології за рахунок процедур збагачення. Додавання процедур нечіткого виведення дозволить адаптувати онтологічну модель до використання в умовах невизначеності. Для досягнення поставленої мети слід вирішити такі задачі:

- визначити основні вимоги до моделі представлення знань про управління ІТ-проектами розробки ІС гуманітарного реагування;
- розробити гібридну модель представлення знань, поєднуючи переваги CBR-методу з основними концептами предметної області у вигляді онтології, та розширити модель для використання в умовах невизначеності за рахунок системи нечіткого виведення;
- провести експериментальне дослідження ефективності використання гібридної моделі в умовах невизначеності.

4. Визначення вимог до гібридної моделі представлення знань в ІТ-проектах

Процес управління ІТ-проектом є слабо формалізованим, вибір та формування рішення є багатокритеріальною задачею з великою кількістю параметрів. При прийнятті

рішень, особливо на ранніх стадіях, доводиться враховувати велику кількість невизначених або суперечливих параметрів, що призводить до неправильної оцінки ситуації та невірного визначення пріоритетів ІТ-проєкту. Знизити ризики неефективних рішень можна за рахунок формалізації знань як про сам процес розробки, так і про особливості предметної області.

Загальні вимоги до моделі представлення знань для управління ІТ-проєктами було сформульовано таким чином:

- коректне представлення знань про предметну область з можливістю подальшої модифікації та поповнення;
- ідентифікація поточних ситуацій з врахуванням попереднього досвіду;
- багаторівневість для вирішення широкого кола задач на різних етапах виконання ІТ-проєкту;
- підтримка інтероперабельності – використання неоднорідних, розподілених ресурсів для отримання знань;
- врахування невизначеності та неповноти інформації про ситуацію..

CBR дозволяє отримати просту знання-орієнтовану модель за короткій термін без пошуку складних закономірностей, що існують у предметній області [11]. Врахування попереднього досвіду може бути корисним у двох аспектах:

- використання попереднього досвіду розробки подібних ІТ-проєктів;
- використання попереднього досвіду представлення знань для подібних систем.

Суттєвий недолік CBR – складність оцінки якості попередніх знань з точки зору можливості їх адаптації до поточної ситуації. Вирішити цю проблему можна за рахунок інтеграції та формалізації джерел знань в єдиний інформаційний простір, тобто створення онтології предметної області.

На рис. 1 представлено багаторівневу структуру онтологічної моделі, яка є розширенням моделі, описаної в [3]. Ядро багаторівневої моделі складається з онтологій, що описують основні концепти процесів гуманітарного реагування (створення та збагачення цієї онтології детально описано в [2]), системи гуманітарного реагування, стейкхолдери та проєкт системи гуманітарного реагування.

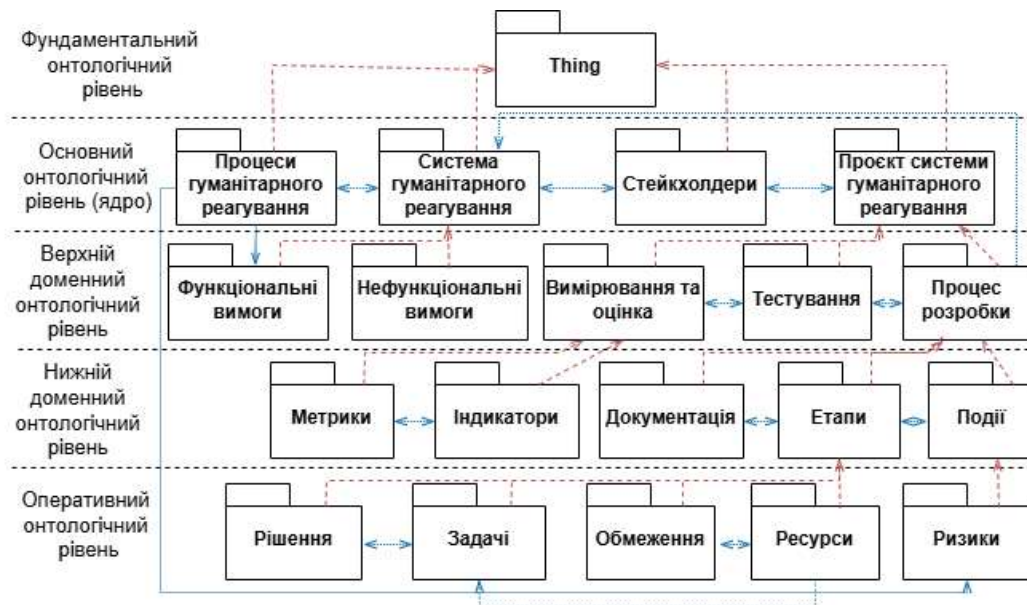


Рис. 1. Структура багаторівневої онтології управління ІТ-проєктом

Особливістю наведеної на рис. 1 моделі є поєднання онтологій представлення знань предметної області гуманітарного реагування, системи гуманітарного реагування та процесу розробки відповідної системи.

Багаторівнева онтологія є відкритою, вона направлена на постійне оновлення та адаптацію до вирішення нових задач. Процес функціонування відкритої онтології є циклічним та складається з таких етапів:

- формування концепції верхнього рівня (ядра), що відображує базові поняття предметної області;
- збагачення концепції за рахунок подальшої декомпозиції концептів на нижчих рівнях онтології, додавання їхніх властивостей та зв'язків між ними;
- спеціалізація та/або узагальнення існуючих концептів;
- інтеграція з іншими онтологіями;
- перевірка актуальності онтології та вилучення застарілих концептів.

Онтології використовуються для зменшення невизначеності представлення знань, що легко структуруються та мають чіткі концепти, зв'язок між якими встановлюється за допомогою системи правил. Але саме невизначеність є постійною складовою ІТ-проєкту, вона може проявлятися в таких аспектах:

- недостатність інформації з проблеми, за якої потрібно прийняти рішення;
- неможливість передбачити реакцію стейкхолдерів на прийняте рішення;
- недостатнє розуміння членами команди проєкту цілей проєкту та своєї ролі у проєкті;
- невизначеність вимог до кінцевого продукту.

Додавання в онтологію нечітких елементів (концептів, властивостей, відношень та екземплярів) робить її гнучкішою для прийняття рішень в умовах високої невизначеності.

5. Гібридна модель представлення знань для ІТ-проєктів розробки систем гуманітарного реагування

5.1. Розробка гібридної моделі представлення знань

Гібридну модель представлення знань, яка поєднує базу прецедентів, багатовимірну онтологічну модель (рис.1) та нечіткі елементи та правила нечіткого виведення, було представлено у вигляді кортежу

$$M^H = \langle Case, O^L, R^H, V^L, Rule \rangle, \quad (1)$$

де $Case$ – множина прецедентів, $Case = \{case_1, \dots, case_n\}$; O^L – онтологічна модель рівня L (див. рис. 1), $L \in \{\text{Фундаментальний, Ядро, Верхній доменний, Нижній доменний, Оперативний}\}$; R^H – множина відношень між елементами моделі; V^L – множина лінгвістичних змінних, які ставляться у відповідність нечітким елементам онтології; $Rule$ – множина нечітких продукційних правил.

Розглянемо компоненти моделі (1). Кожен прецедент відображує параметричне представлення ситуації, що сталося в минулому, в відповідне їй рішення:

$$case_i = (\langle pr_{i1}, \dots, pr_{in} \rangle; \langle sol_{i1}, \dots, sol_{im} \rangle; f_i : \langle pr_{i1}, \dots, pr_{in} \rangle \rightarrow \langle sol_{i1}, \dots, sol_{im} \rangle), \quad (2)$$

де $pr_{ik}, k \in \mathbb{N}, i \in [1, k]$ – набір параметрів, що характеризує ситуацію; $sol_{ij}, j \in \mathbb{N}, j \in [1, m]$ – складові рішення, що можуть бути представлені у вигляді пари $\langle parameter, value \rangle$.

Онтологічна складова моделі представляється кортежем вигляду

$$O^L = \langle C, R, F, P, E, A \rangle, \quad (3)$$

де $C = \{c_n \mid n \in \mathbb{N}, n \in [1, |C|]\}$ – множина концептів відповідної онтології, що складається

з множини чітких (C') та нечітких (C^f) елементів: $C = \{C'\} \cup \{C^f\}$; $R = \{(c_i, c_j, rt_n) \mid rt \in RT, c_i, c_j \in C\}$, де RT – множина відношень між концептами, що складається з множини чітких (RT') та нечітких (RT^f) елементів: $RT = \{RT'\} \cup \{RT^f\}$, $rt_k^f: (c_i, c_j) \rightarrow [0,1]$ або $rt_k^f: (c_i, c_j) \rightarrow V_k^L$; $F: C \times R$ – множина функцій інтерпретації, які задаються відповідностями між C та R , що складається з множини чітких (F') та нечітких (F^f) елементів: $F = \{F'\} \cup \{F^f\}$, $f_k^f: (c_i, rt_j) \rightarrow [0,1]$ або $f_k^f: (c_i, rt_j) \rightarrow V_k^L$; P – множина властивостей концептів та відношень: $P = \{(p_i, e_j) \mid p_i \in P, e_j \in C \cup R\}$; E – множина екземплярів; A – множина аксіом виведення.

Множина відношень між елементами гібридної моделі містить три складових:

$$R^H = \{R_{CSC}^F\} \cup \{R_{CSC}\} \cup \{R_{ASR}\}, \{R_{CSC}^F\} \cap \{R_{CSC}\} \cap \{R_{ASR}\} = \emptyset,$$

де R_{CSC}^F – нечіткі відношення між елементами багатовимірної онтологічної моделі; R_{CSC} – чіткі відношення між елементами моделі; $R_{ASR} = \{R_{ASR}^{pr}\} \cup \{R_{ASR}^{sol}\}$ – асоціативні відношення зв'язку між прецедентом та онтологією, R_{ASR}^{pr} – відображення параметрів прецедентів во властивості концептів (або відношень) онтології, R_{ASR}^{sol} – відображення властивостей концептів (відношень) в рішення прецеденту:

$$R_{ASR}^{pr}: pr_{il} \rightarrow c_j, \quad (4)$$

$$R_{ASR}^{sol}: c_j \rightarrow sol_{il}, \quad (5)$$

де c_j – концепт онтології, p_k – властивість відповідного концепту.

Процес пошуку рішення з використанням гібридної моделі (1) складається з таких етапів.

Етап 1. Формування пошукового запиту, в якому частина параметрів можуть бути невизначеними:

$$q = \langle pr_1^q, pr_2^q, \dots, pr_n^q \rangle, \exists pr_i^q = NA;$$

Етап 2. Пошук найближчого прецеденту з бази прецедентів (2) за Мангеттенською метрикою [11].

Етап 3. Відображення параметрів найближчого прецеденту в онтологію (3) за допомогою відношень (4), результатом відображення є фрагмент онтології:

$$O^q = \langle C^q, R^q, F^q, P^q \rangle, \quad (6)$$

де $C^q \subset C$ – підмножина концептів, отриманих в результаті виконання відображень (4); $R^q \subset R$, $(c_i, c_j, rt_k) \in R^q, \forall c_i, c_j \in C^q$ – підмножина відношень між обраними концептами; $F^q: C^q \times R^q$ – підмножина функцій інтерпретації між обраними концептами та відношеннями; $P^q \subset P$, $P^q = \{(p_i, e_j) \mid p_i \in P^q, e_j \in C^q \cup R^q\}$ – підмножина властивостей концептів та відношень.

Етап 4. Отримання значень властивостей концептів, що відповідають параметрам запиту $pr_i^q = NA$, за рахунок процедур нечіткого виведення за алгоритмом Мамдані.

Етап 5. Збагачення фрагменту онтології (6) шляхом побудови транзитивного замикання для усіх концептів $c_i \in C^q$:

$$Tr_i(c_i) = \{c_i = c_i^{(0)}\} \cup \bigcup_{j=1}^L \{C^{(j)} \in C \mid \exists R_{ISA}(C^{(j-1)}, C^{(j)})\},$$

де $R_{ISA} \in RT$ – таксономічне відношення між концептами; L – максимальна глибина

потомків концепту c_i .

Етап 6. Збагачення множини концептів $C^q \cup \bigcup_{i=1}^n Tr_i(c_i)$, $n = |C^q|$, онтології шляхом додання концептів, що мають нетаксономічні зв'язки з концептами C^q .

Етап 7. Формування рішення $\langle sol_1, sol_2, \dots, sol_m \rangle$ шляхом виконання відображення (5) для отриманого розширеного фрагмента онтології.

Етап 8. Адаптація рішення, зберігання його як нового прецеденту.

5.2. Експериментальне дослідження гібридної моделі представлення знань

Для тестування розробленої моделі було використано відкритий фреймворк Protégé та плагін FuzzyOWL2, а також представлений в [11] прототип модуля міркувань на прецедентах.

Для проведення експерименту було розроблено онтологію, яка є розширенням онтології управління проектами, запропонованої в [3] з додаванням онтології гуманітарного реагування, описаної в [2], з введенням нечітких відношень між елементами та формування нечітких продукційних правил для нечіткого виведення. Фрагмент розробленої онтології, пов'язаний з ризиками проекту, представлено на рис. 2.

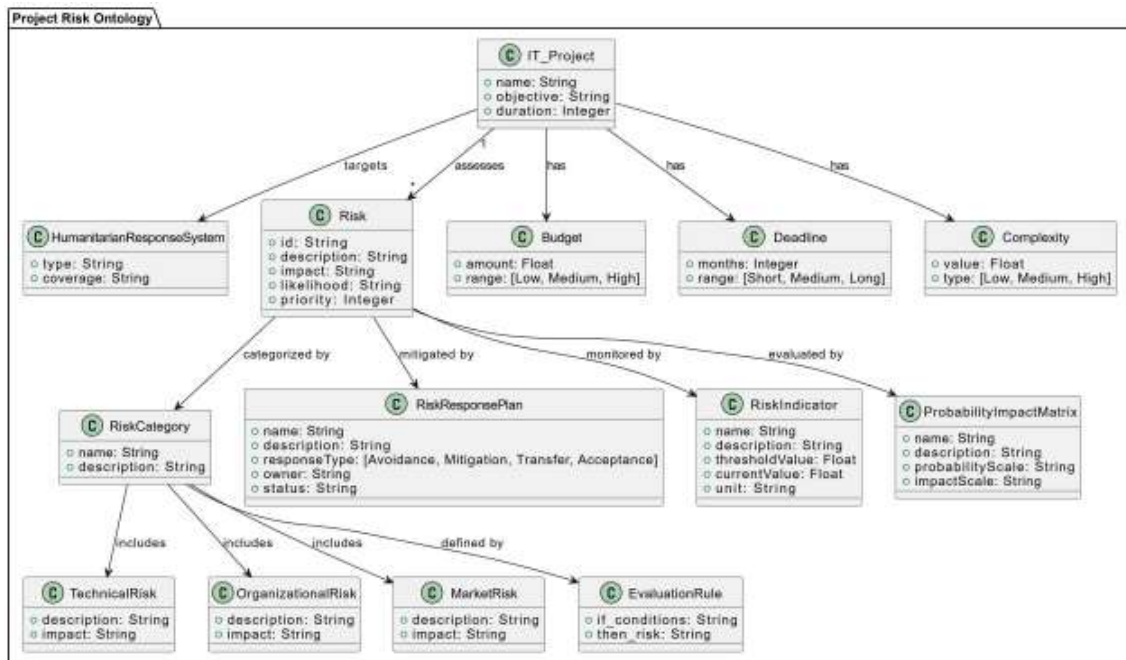


Рис. 2. Фрагмент онтології ІТ-проекту, пов'язаний з оцінкою ризиків

На основі аналізу виконання ІТ-проектів в різних сферах було розроблено 40 прецедентів опису ситуацій, що виникали в процесі виконання ІТ-проектів та прийняті проектні рішення. Параметри прецедентів були пов'язані з прийняттям рішень по мінімізації ризиків виконання проектів.

Для оцінювання ризику виконання проекту (Risk) було розглянуто нечітку систему виведення на основі даних про бюджет (Budget), даних про строк виконання проекту (Deadline) та комплексного показника його складності (Complexity). На рис. 3 наведено графіки термів вхідних та вихідної лінгвістичних змінних системи нечіткого виведення.

Нечіткі продукційні правила представлено на рис. 4.

На рис. 5 наведено поверхні нечіткого виведення для вихідної змінної Risk.

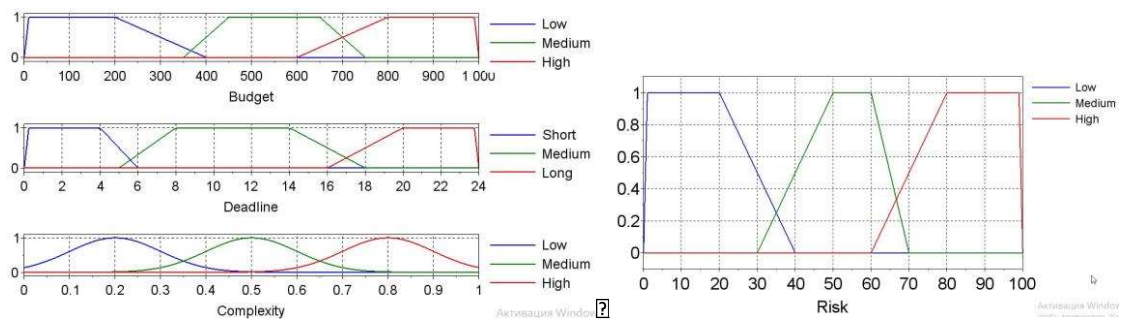


Рис. 3. Функції належності для термів вхідних лінгвістичних змінних та для вихідної змінної

```

R1: IF {Budget ISN'T Low} AND {Deadline IS Short} AND {Complexity IS Low} THEN {Risk IS High} weigh=1.0
R2: IF {Budget IS Low} AND {Deadline IS Short} AND {Complexity IS Low} THEN {Risk IS High} weigh=1.0
R3: IF {Budget IS Low} AND {Deadline IS Medium} AND {Complexity IS Low} THEN {Risk IS High} weigh=1.0
R4: IF {Budget IS Low} AND {Deadline IS Long} AND {Complexity IS Low} THEN {Risk IS Medium} weigh=1.0
R5: IF {Budget IS Medium} AND {Deadline IS Short} AND {Complexity IS Low} THEN {Risk IS High} weigh=1.0
R6: IF {Budget IS Medium} AND {Deadline IS Medium} AND {Complexity IS Low} THEN {Risk IS Medium} weigh=1.0
R7: IF {Budget IS Medium} AND {Deadline IS Long} AND {Complexity IS Low} THEN {Risk IS Low} weigh=1.0
R8: IF {Budget IS High} AND {Deadline IS Short} AND {Complexity IS Low} THEN {Risk IS Medium} weigh=1.0
R9: IF {Budget IS High} AND {Deadline IS Medium} AND {Complexity IS Low} THEN {Risk IS Low} weigh=1.0
R10: IF {Budget IS High} AND {Deadline IS Long} AND {Complexity IS Low} THEN {Risk IS Low} weigh=1.0
R11: IF {Budget IS Low} AND {Deadline IS Short} AND {Complexity IS High} THEN {Risk IS High} weigh=1.0
R12: IF {Budget IS Medium} AND {Deadline IS Medium} AND {Complexity IS High} THEN {Risk IS High} weigh=1.0
R13: IF {Budget IS High} AND {Deadline IS Long} AND {Complexity IS High} THEN {Risk IS Medium} weigh=1.0
R14: IF {Budget IS Low} AND {Deadline IS Long} AND {Complexity IS High} THEN {Risk IS Medium} weigh=1.0
R15: IF {Budget IS Medium} AND {Deadline IS Short} AND {Complexity IS High} THEN {Risk IS High} weigh=1.0
R16: IF {Budget IS High} AND {Deadline IS Short} AND {Complexity IS High} THEN {Risk IS High} weigh=1.0
R17: IF {Budget IS Medium} AND {Deadline IS Long} AND {Complexity IS High} THEN {Risk IS Medium} weigh=1.0
R18: IF {Budget IS High} AND {Deadline IS Medium} AND {Complexity IS High} THEN {Risk IS Medium} weigh=1.0
R19: IF {Budget IS High} AND {Deadline IS Long} AND {Complexity IS Medium} THEN {Risk IS Medium} weigh=1.0

```

Рис. 4. Нечіткі продукційні правила системи нечіткого виведення

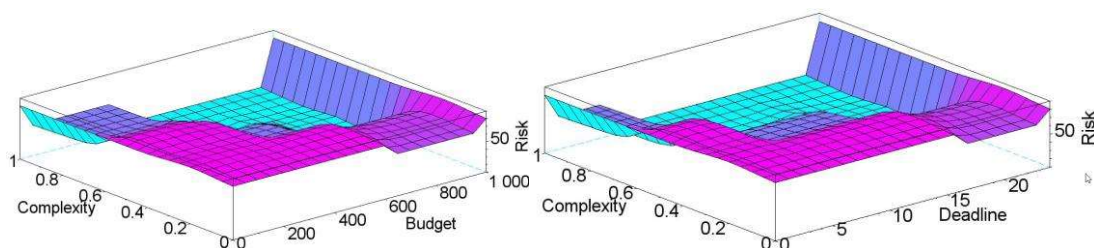


Рис. 5. Поверхні нечіткого виведення змінної Risk

Залежність якості класифікації від кількості прецедентів в базі в умовах невизначеності деяких параметрів опису ситуації представлено на рис. 6. Дослідження проводилося з використанням трьох методів:

- CBR з використанням для оцінки подоби Мангеттенської метрики [11];
- CBR, розширеного онтологічною моделлю [2];
- CBR на основі гібридної моделі, що поєднує онтологію з нечітким виведенням.

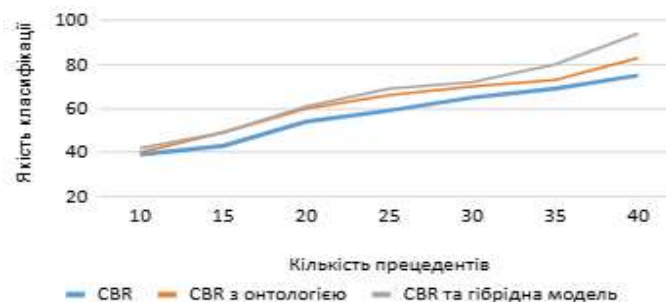


Рис. 6. Залежність якості класифікації від кількості прецедентів у базі прецедентів

6. Обговорення результатів дослідження

В [11] показано, що якість класифікації CBR-методом в умовах визначеності параметрів ситуації при наповненні бази 40 прецедентами становить 85 %. Графік на рис. 6 показує, що в умовах неповної інформації CBR дає лише 76 % правильних результатів. Розширення CBR пошуком з використанням онтології дозволяє отримати 83 % якісних результатів, а додавання нечітких елементів в онтологію – до 92 % якісної класифікації. Таким чином, запропоновану гібридну модель представлення знань може бути використано для подолання невизначеності в розглянутій предметній області.

Перевагою розробленої гібридної моделі є багаторівневе представлення знань, врахування попереднього досвіду прийняття рішень та ефективність в умовах невизначеності. Як недоліки моделі слід відмітити складність процесу інтеграції знань з різних джерел в процесі побудови онтології, відсутність критеріїв вибору мір семантичної близькості, складність побудови функцій належності для нечітких елементів онтології.

Подальші дослідження можуть бути направлені на розробку нечітких мір синтаксичної та семантичної близькості та на визначення процедур адаптації моделі до зміни нечітких елементів.

7. Висновки

На основі аналізу особливостей управління IT-проектами ІС гуманітарного реагування сформульовано вимоги до моделі представлення знань в розглянутій предметній області, такі як використання попереднього досвіду, багаторівневості, інтероперабельності та врахування невизначеності та неповноти інформації.

Як основу для представлення знань запропоновано гібридну модель, що поєднує CBR з багаторівневою онтологією за допомогою нечітких асоціативних відношень. Для врахування невизначеності на різних етапах проекту модель розширено нечіткими елементами (концептами онтології, їхніми властивостями, відношеннями та екземплярами) та процедурами нечіткого виведення. Модель дозволяє зберігати та оновлювати як знання, що легко структуруються у вигляді прецедентів та онтології, так і знання, що мають елемент невизначеності та слабо формалізуються.

Експериментальне дослідження показало, що якість класифікації за допомогою гібридної моделі в умовах невизначеності зростає на 16 % у порівнянні з традиційним CBR-методом.

Розроблену гібридну модель може бути використано як основу для представлення знань для прийняття рішень в експертних системах розробки IT-проектів або в системах підтримки прийняття рішень в гуманітарному реагуванні.

Перелік посилань:

1. NHCR. Ukraine Humanitarian Needs and Response Plan 2025. United Nations High Commissioner for Refugees. 2025. 83 p. URL: https://www.unhcr.org/ua/sites/ua/files/2025-01/Ukraine%20HNRP%202025%20Humanitarian%20Needs%20and%20Response%20Plan%20UA_0.pdf
2. Chala O., Bilova T., Dyomina V., Pobizhenko I., Domina T. Ontologically supported case-based reasoning for decision making in humanitarian response processes. *CEUR Workshop Proceedings of 6th International Workshop on Modern Data Science Technologies Workshop, MoDaST 2024, Lviv, 2024*. P. 365–382.
3. Becker P., Papa M.F., Olsina L. Exploratory study on the syntactic and semantic consistency of terms in project management glossaries to provide recommendations for a project management ontology. *Science of Computer Programming*. 2024. № 235. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scico.2024.103094>
4. Прокопенко Т., Ланських Є., Прокопенко В., Підкуйко О., Тарасенко Я. Розробка онтологічної моделі ситуаційного управління проектами на основі Scrum в ризикових умовах. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. № 126. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292526>
5. Чайковська І. Дослідження впливу системи управління знаннями проектної діяльності підприємства на успішну реалізацію проектів із використанням нечіткої логіки. *Innovation and Sustainability*. 2022. № 2. С. 84-99. URL: <https://doi.org/10.31649/ins.2022.2.84.99>

6. Матвієнко О., Закутній С. Нечітка логіка в задачах визначення економічних параметрів виконання проєктів. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2024. № 1(27). С. 96-108. URL: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2024.27.096>
7. Mazluma M., Günericpm A.F. PERT and Project Management With Fuzzy Logic Technique an implementation on a business. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2015. № 210. P. 348–357. URL: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.378>
8. Dudnyk O., Sokolovska Z. Application of Fuzzy Expert Systems in IT Project Management. *Project Management - New Trends and Applications. IntechOpen*. 2023. URL: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.102439>
9. Васильків Н., Дубчак Л., Турченко, І., Мінчук В. Визначення пріоритетності завдань ІТ-проєкту на основі нечіткої логіки. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 2024. № 335 (1). С. 41-46. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-335-3-6>
10. Kalibatienė D., Miliauskaitė J., Slotkienė A. Ontology and Fuzzy Theory Application in Information Systems: A Bibliometric Analysis. *Informatica*. 2024. Vol. 35, no. 3. P. 557-576. URL: <https://doi.org/10.15388/24-INFOR557>
11. Білова Т. Г., Дьоміна В.М., Побіженко І.А., Остапенко О.О. Метод міркувань на прецедентах для підтримки прийняття рішень в гуманітарному реагуванні. *АСУ та прилади автоматизації*. 2024. № 180. С. 36–44. URL: <https://doi.org/10.30837/0135-1710.2024.180.036>

Надійшла до редколегії 28.03.2025 р.

Білова Тетяна Георгіївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедр ІУС та СТ ХНУРЕ, м. Харків, Україна, e-mail: tetiana.bilova@nure.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1085-7361> (науковий керівник здобувача вищої освіти Остапенко О.О.)

Побіженко Ірина Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри ПІ ХНУРЕ, доцент кафедри цифрових комунікацій та інформаційних технологій ХДАК, м. Харків, Україна, e-mail: irina_pob@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0723-1878>.

Остапенко Олена Олексіївна, здобувач вищої освіти, група УПГІТм-23-1, факультет комп'ютерних наук, ХНУРЕ, м. Харків, Україна, e-mail: olena.ostapenko@nure.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4146-4669>.

УДК 004.4'236

DOI: 10.30837/0135-1710.2025.184.090

А.Л. СРОХІН, Д.В. КАМЕНЄВ

ОПТИМІЗАЦІЯ ПОВТОРНОГО РЕНДЕРИНГУ У ВЕБЗАСТОСУНКАХ: АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА РІШЕННЯ НА ОСНОВІ REACT

Розглянуто основні особливості повторного рендерингу в сучасних Javascript-фреймворках під час оновлення дерева Document Object Model після зміни стану вебзастосунку. Встановлено, що вирішення питань контролю повторного рендерингу є критичним для забезпечення продуктивності React-застосунків, оскільки саме контроль повторного рендерингу допомагає уникнути ситуацій, коли незначні зміни стану викликають каскадне оновлення всього дерева компонентів. Запропоновано використовувати модель оптимізації процесу рендерингу в вебзастосунках на основі визначення пріоритету рендерингу компонентів, що забезпечує мінімізацію повторних рендерів і покращить продуктивність вебзастосунків.

1. Вступ

У сучасному світі веброзробки проблема ефективності та продуктивності застосунків стає все критичнішою. З постійним зростанням складності вебзастосунків та збільшенням вимог користувачів до швидкодії питання оптимізації повторного рендерингу в JavaScript-фреймворках набуває особливої актуальності. React, Vue, Angular та подібні провідні JavaScript-фреймворки використовують різні методології для оновлення дерева Document Object Model (DOM) після зміни стану [1], [2].

Без стратегічної оптимізації ці платформи можуть ініціювати неефективні каскади візуалізації, що значно збільшує накладні витрати на обробку, прискорює розрядження