

УДК 004.891.3: 621.86

С.О. Климчук¹, О.Б. Неженцев²

¹ – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Сєверодонецьк, Україна, e-mail: ksa.work@gmail.com

² – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна, e-mail: nezhentsev@meta.ua

Удосконалення методики експертного обстеження вантажопідіймальних кранів за допомогою технології прецедентів

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку із зростанням кількості вантажопідіймальних кранів (ВК) із закінченим нормативним терміном експлуатації (понад 80% від загального числа зареєстрованих в Україні) актуальним є необхідність їх експертного обстеження (технічного діагностування) з метою оцінки технічного стану та визначення можливості їх подальшої безпечної експлуатації. Оскільки мова йде приблизно про 70 тисяч мостових, козлових, порталних, баштових і ін. кранів, які необхідно регулярно обстежувати (відповідно до Правил Державної служби України з питань праці (Держпраці)), то якісне вирішення цього завдання можливе лише за допомогою застосування спеціалізованих програмних систем підтримки прийняття рішень.

376

Організації і експерти, що займаються експертними обстеженнями ВК, часто використовують різні ІТ інструменти для комп'ютерного обліку, зберігання і обробки масивів даних, пов'язаних з об'єктами, що діагностуються. Як приклад може служити розроблене програмне забезпечення для моніторингу та обробки інформації про технічний стан вантажопідіймальних кранів [1]. Разом з тим, в даний час відсутні ефективні програмні системи, що дозволяють експерту формувати висновок про можливість та умови безпечної експлуатації обстежених ВК з урахуванням аналогічних діагностичних ситуацій в минулому. Це обумовлено різними причинами, головними з яких є недосконалість математичних моделей, що зв'язують різні критерії міцності і довговічності елементів кранів з різноманітним навантаженням, умовами експлуатації кранів, режимами їх роботи. Складність розробки зазначених програмних систем обумовлена також недостатньою формалізацією даних про дефекти і відмови, які представлені у вигляді опису, відсутністю систематизованої інформації про характер і зміни зовнішніх факторів, великою кількістю діагностичних параметрів і взаємозв'язків між ними, недостатніми статистичними даними про

умови і режими експлуатації ВК. Внаслідок цього експерт приймає рішення за результатами обстеження ВК на основі свого попереднього досвіду, часто - «за аналогією».

Таким чином, доцільним є підвищення ефективності методики експертного обстеження ВК шляхом розробки і застосування програмних систем, що працюють по аналогії з роздумами експерта, в тому числі систем, що базуються на застосуванні існуючого досвіду, представленого у вигляді прецедентів «case-based reasoning» [2, 3].

Прецедент - це структуроване уявлення накопиченого досвіду у вигляді даних і знань, що забезпечує його подальшу автоматизовану обробку за допомогою спеціалізованих програмних систем [4].

Основне завдання використання апарату прецедентів в рамках експертного обстеження ВК полягає у формуванні та видачі готових матеріалів про технічний стан ВК, що діагностується, на основі прецедентів, які вже мали місце в минулому.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності методики експертного обстеження вантажопідіймальних кранів і скорочення часу формування висновків про можливість та умови безпечної експлуатації кранів шляхом застосування методу пошуку прецедентів для технічної діагностики з бази знань.

Матеріали і результати дослідження. При проведенні експертного обстеження кранів параметричне представлення прецедентів здійснювалося у вигляді набору діагностичних параметрів ВК з конкретними значеннями і рішеннями.

Визначимо прецедент P як безліч $M = \langle s, r \rangle$, де $s \in S$ - поточний технічний стан ВК і $r \in R$ - пов'язане з цим технічним станом рішення по діагностиці ВК. Кожний технічний стан ВК s характеризується його параметрами x_1, x_2, \dots, x_n , що описують даний прецедент [5]

$$(x_1 \in X_1, x_2 \in X_2, \dots, x_n \in X_n),$$

де n - кількість параметрів прецеденту;

X_1, X_2, \dots, X_n - області допустимих значень відповідних діагностичних параметрів прецеденту.

Технічний стан ВК можна охарактеризувати наступними діагностичними параметрами: залишковий прогин головних балок крана у вертикальній площині,

викривлення балок або ферм в плані, скручування балок або ферм, наявність металу з ударною в'язкістю менше $30 \text{ Дж} / \text{см}^2$, різниця діагоналей поперечного перерізу ферми, корозія, розшарування металу, тріщини, технічний стан електроприводів, деталей і вузлів кранових механізмів, канатів, блоків, вантажозахоплювальних пристроїв, підкранових і підвізкових рейкових шляхів, реборд і ободів ходових коліс, кутів установки ходових коліс, приладів безпеки та ін.

Кожному діагностичного параметру ВК призначають вагу, що враховує його відносну значущість φ_i з позиції діагностичної цінності результатів. На наступному етапі виконується визначення ступеня відмінності поточного технічного стану елементів ВК з прецедентами з бази прецедентів системи та подальше їх витягання з метою визначення можливих діагностичних рішень.

Для ідентифікації та витягання прецеденту використаний «метод пошуку найближчого сусіда» [4]. Ефективність «методу найближчого сусіда» багато в чому залежить від вибору метрики (міри схожості). Відзначимо, що «метод найближчого сусіда» не дає чітких рекомендацій для випадку, коли присутні кілька прецедентів, рівновіддалених від поточної ситуації, а також не завжди ефективний у разі зашумленості вихідних даних і в разі їх неповноти. Для усунення вищевказаних недоліків існують різні модифікації даного методу [5].

Розглянемо модифікований «метод найближчого сусіда» з урахуванням специфіки систем експертного обстеження ВК. Дана модифікація полягає в тому, що вводиться спеціальна величина Q - порогове значення ступеня відмінності прецедентів (s_j) і поточної ситуації (s_T). Таким чином, в результаті порівняння вибирається не один єдиний найближчий сусід (прецедент), а деяка безліч W найближчих сусідів, ступінь відмінності яких менше або дорівнює граничному значенню $\Delta(s_j, s_T) \leq Q$. Це дозволяє вирішити проблему для випадку, коли присутні кілька прецедентів, рівновіддалених від поточної ситуації.

У разі відсутності значень діагностичних параметрів в описі прецедентів будемо вважати, що за даними параметрами прецеденти і поточна ситуація повністю збігаються. Навпаки, в разі відсутності значень діагностичних параметрів в описі поточної ситуації будемо вважати, що за даними параметрами прецеденти і поточна ситуація не збігаються.

Значення вагового коефіцієнта i -го діагностичного параметра ВК φ_i буде змінюватися в інтервалі від 0 до 1. Експерт визначає необхідні на його погляд

значення для вагових коефіцієнтів діагностичних параметрів ВК. Для обліку вагових коефіцієнтів діагностичних параметрів ВК при витяганні прецедентів з бази даних і обчисленні ступеня відмінності необхідно скорегувати значення параметрів помноживши їх на відповідний ваговий коефіцієнт ($x_i \cdot \varphi_i$), а також врахувати вагові коефіцієнти при обчисленні максимальної відстані

$$d_{max} \cdot (x_i^{min} \cdot \varphi_i; x_i^{max} \cdot \varphi_i).$$

Розглянемо метод визначення найближчого сусіда, що враховує вагові коефіцієнти діагностичних параметрів ВК. Вхідними діагностичними параметрами є значення параметрів, що описують поточний технічний стан ВК: S, M - непорожня множина бази прецедентів (БП); $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ - вагові коефіцієнти діагностичних параметрів ВК; m - кількість розглянутих прецедентів з бази прецедентів і граничне значення ступеня відмінності Q . Вихідними даними є безліч прецедентів W результатів діагностики технічного стану ВК, прецеденти за якими мають ступінь відмінності менше або дорівнює граничному значенню Q . Введемо i, j - допоміжні змінні (параметри циклу). Алгоритм реалізації зазначеного методу наступний:

Крок 1. Прийmemo $W = 0, j = 1$ і переходимо до наступного кроку.

Крок 2. Якщо $j \leq m$ обираємо прецедент діагностики s_j з безлічі $M(s_j \in M)$ і переходимо до кроку 3, інакше всі прецеденти діагностики з бази прецедентів розглянуті та переходимо до кроку 6.

Крок 3. Розраховуємо відстань між обраним прецедентом s_j і поточним технічним станом ВК s_T з урахуванням вагових коефіцієнтів діагностичних параметрів ВК [5]:

$$d_{s_j s_T} = \left\{ \sum_{i=1}^n \varphi_i \left[\text{sim} \left(x_i^{s_j}, x_i^{s_T} \right) \right]^\beta \right\}^{\frac{1}{\beta}},$$

де $\text{sim} \left(x_i^{s_j}, x_i^{s_T} \right)$ - функція відмінності (метрика);

β - коефіцієнт, що визначає метрику ($\beta = 1$ - манхеттенська метрика, $\beta = 2$ - евклідова метрика).

У разі відсутності значення параметра $x_i^{s_T}$ в описі поточного стану ВК s_T , обчислення відстані $d_{s_j s_T}$ виконуємо вважаючи

$$x_i^{s_T} = x_i^{min} + \frac{x_i^{max} - x_i^{min}}{2}.$$

Далі переходимо до наступного кроку.

Крок 4. На цьому кроці обчислюємо ступінь відмінності $\Delta(s_j, s_T) = d_{s_j s_T} / d_{max}$, (при обчисленні d_{max} враховуються вагові коефіцієнти діагностичних параметрів ВК) і переходимо до кроку 5.

Крок 5. Якщо $\Delta(s_j, s_T) \leq Q$, то даний прецедент s_j і відповідне йому рішення щодо діагностики додаємо в результуючу безліч W , тобто витягаємо даний прецедент проекту з бази прецедентів. Приймаємо $j = j + 1$ та переходимо до кроку 2.

Крок 6. Якщо $W = 0$, то прецеденти діагностики для поточного технічного стану ВК не знайдені. Необхідно збільшити порогове значення Q і перейти до кроку 1. Інакше прецеденти діагностики для поточного технічного стану ВК успішно витягнуто.

Крок 7. У результаті, знайдені прецеденти технічного діагностування ВК можуть бути впорядковані за спаданням значень їх ступеня відмінності з поточним технічним станом ВК, а прецеденти діагностики утворюють W безліч можливих варіантів технічного діагностування ВК.

Відповідно до запропонованого метода за допомогою плагіну myCBR [6] була розроблена система підтримки прийняття рішень технічного діагностування кранових металоконструкцій і оцінки проходження випробувань кранів мостового типу (рис. 1). В якості вихідного базового набору прецедентів використовується каталог ситуацій, складений за багаторічними даними зі звітів експертного обстеження (технічного діагностування) ВК Експертно-діагностичної науково-дослідної лабораторії «Вантажопідйомні машини і промислові споруди» Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.

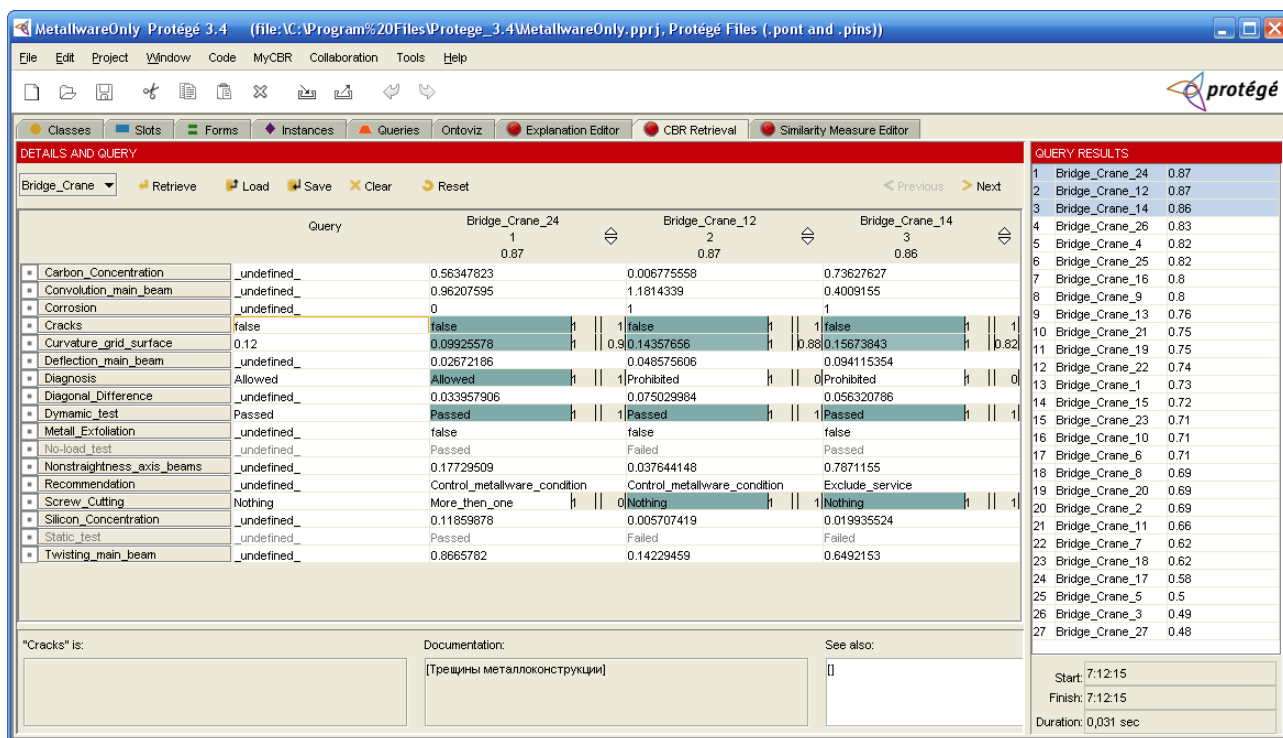


Рис. 1. Вікно відбору прецедентів системи підтримки прийняття рішень технічного діагностування вантажопідіймальних кранів

Висновки:

1. Для підвищення ефективності методики експертного обстеження (технічного діагностування) вантажопідіймальних кранів застосовано метод пошуку прецедентів «case-based reasoning» технічної діагностики з бази знань.

2. Зазначений метод дозволяє підвищити якість рішень, що приймаються експертом, які формуються за результатами технічного діагностування кранів, завдяки використанню інформації, накопиченої багатьма фахівцями раніше. При цьому знижується вплив факторів суб'єктивності при аналізі результатів технічного діагностування і скорочується час формування висновків про можливість та умови подальшої безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів.

Список використаних джерел

1. Неженцев О. Б. Програмне забезпечення для обробки інформації про технічний стан вантажопідійомних кранів / О. Б. Неженцев, С. М. Аветісян. // Priority directions of science development. Abstracts of the 1st International scientific and practical conference. (October 28-29, 2019) SPC «Sci-conf.com.ua», Lviv, Ukraine. – 2019. – №1. – С. 117–122.

2. Aamodt A. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches / A. Aamodt, E. Plaza // *AI Communications*, Vol. 7, Issue 1, 1994. – p. 39-59.

3. Климчук С. А. Применение прецедентов для технической диагностики грузоподъемных машин / С. А. Климчук, А. Б. Неженцев. // *Інновації молоді в машинобудуванні: Збірка праць Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів / за заг. ред. Данильченка Ю.М., д.т.н., проф. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2019. – №1. – С. 309–315.*

4. Варшавский П. Р. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / П. Р. Варшавский, А. П. Еремеев // *Искусственный интеллект и принятие решений*, № 1, 2009, с. 45-57.

5. Нефедов Л. И. Метод поиска прецедентов проектов ликвидации чрезвычайных природных ситуаций на магистральных автомобильных дорогах / Л. И. Нефедов, Н. Ю. Филь, Ю. Л. Губин // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, № 1, 2010, с. 50-52.

6. Stahl A. Rapid Prototyping of CBR Applications with the Open Source Tool myCBR / A. Stahl, T. Roth-Berghofer // *Proc. of the 9th European Conference on CBR (ECCBR 2008). – Trier (Germany): Springer, 2008. – p. 615-629.*

382