

УДК 002;69.059

Шабала Євгенія ЄвгенівнаКандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, *orcid.org/0000-0002-0428-9273*
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ**Полторак Олександр Борисович**Аспірант кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики,
orcid.org/0000-0001-6995-1419

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**ПОБУДОВА СИСТЕМИ НЕЧІТКОГО ВИВЕДЕННЯ ДІАГНОСТИКИ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Анотація. Описано принцип побудови математичної моделі, яка дозволяє визначити причинно-наслідкові зв'язки між дефектами будівельних конструкцій і факторами, що впливають на ці події. Результати цього моделювання повинні бути такими, щоб їх можна було застосовувати для прийняття рішень щодо управління за технічним станом обстежуваних споруд. Розглянуто алгоритм здійснення операції фазифікації. Для будівельних конструкцій необхідно виділити сукупність параметрів стану, які впливають на дефекти будівельних конструкцій, але слабо змінюються з часом. Друга група параметрів стану будівельних конструкцій, під впливом випадково діючих факторів, може змінюватися з часом. Цю особливість можна використати для прогнозування стану споруд. В якості аналізованого пошкодження будівельної конструкції розглядаються тріщини. Наявність і характер тріщин в конструкції встановлюються під час обстеження споруди. Запропонований підхід дозволяє знизити рівень невизначеності при плануванні експлуатаційних впливів на споруди, а також створити передумови автоматизації складної логічної обробки експериментальних і експертних даних.

Ключові слова: нечітка база знань; дефекти; лінгвістичні змінні; терм-множина; фазифікація; нечітка логіка

Актуальність та аналіз проблеми

Під час обстеження споруд фіксуються дефекти будівельних конструкцій, а також параметри стану конструкцій, які можуть розглядатись як передумови для появи відповідних дефектів. Передбачається, що між фактом появи конкретного дефекту будівельної конструкції і передумовами до нього існує певний взаємозв'язок. Характер зазначеного зв'язку визначають експерти, спираючись на досвід та знання, при цьому свою думку вони висловлюють термінами звичайної мови. Необхідно на основі отриманих висловлювань спеціалістів побудувати математичну модель, яка дозволить визначати причинно-наслідкові зв'язки між дефектами будівельних конструкцій і факторами, що впливають на ці події. Результати цього моделювання повинні бути такими, щоб їх можна було застосовувати для прийняття рішень щодо управління за технічним станом обстежуваних споруд.

Мета статті

Головною метою статті є побудова математичної моделі, яка дозволяє визначити

причинно-наслідкові зв'язки між дефектами будівельних конструкцій і факторами, що впливають на ці події. Одним з основних елементів моделі є база нечітких знань для певних типів дефектів конструкцій будівель і споруд, при формуванні якої використовуються знання і досвід експертів. Дана модель дозволяє здійснити прогнозування появи пошкоджень споруд з тих чи інших причин.

Виклад основного матеріалу

У зв'язку з необхідністю ідентифікації та прогнозування причин виникнення пошкоджень будівельних конструкцій була побудована модель, що визначає взаємозв'язки між передумовами і причинами появи тих чи інших дефектів, яку можна представити як схему ідентифікації складного об'єкта (рис. 1).

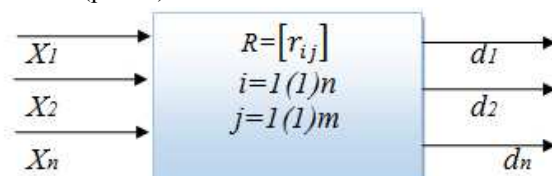


Рисунок 1 – Структурна схема моделі ідентифікації дефектів конструкцій

$X = \{X_i\}$, $i = 1(1)n$ – множина передумов появи дефектів будівельної конструкції; n – загальне число передумов;

$D = \{D_j\}$, $j = 1(1)m$ – множина висновків з причин дефектів будівельної конструкції; m – число можливих експертних висновків;

$R = [r_{ij}]$, $(i = 1(1)n; j = 1(1)m)$ – матриця нечітких відношень між елементами множини X і D множини.

Відношення множин X і D можна в загальному вигляді представити у вигляді співвідношення:

$$D = X * R, \quad (1)$$

де символом (*) позначається правило композиції нечіткого виведення.

Входи X моделі (1) досліджуваного об'єкта та її виходи D розглядатимемо як лінгвістичні змінні (ЛЗ), які оцінюються нечіткими терм-множинами з відповідними функціями приналежності (ФП). Наприклад, вхідною змінною x в співвідношенні (1) може бути ЛЗ вигляду «Тип конструкції споруди». Термами ЛЗ x в цьому випадку є висловлювання: «суцільна стіна», «перегородка». Вихідною змінною d в моделі ідентифікації (1) може бути ЛЗ вигляду «Причина виникнення дефекта» з термами, що відповідають класам рішень. Наприклад, до них можуть належати такі лінгвістичні побудови, як «Виникнення дефекту через передумову 1», «Виникнення дефекту через передумову 2». Ці терми також повинні мати свої функції приналежності. Елементи матриці R формуються апріорно на основі знань та досвіду експерта. Співвідношення (1) можна розглядати у двох аспектах:

– по-перше, із застосуванням «низхідних» висновків, коли напрям висновків є зворотним по відношенню до висновків для правил; цей підхід може бути застосований для вихідного формування моделі (1) і розробки розрахункової процедури визначення чисельної міри кожної з причин виникнення дефектів;

– по-друге, при використанні «висхідних» висновків, коли висуваються гіпотези про значення контрольованих параметрів конструкції оцінюється можливість появи дефектів, що відповідають цим сукупностям входів; цей підхід доцільний при прогнозуванні зміни стану експлуатованих споруд.

Розглянемо рішення сформульованої задачі «Формування моделі ідентифікації будівельної конструкції».

Система нечіткого висновку за результатами обстеження будівельної конструкції може бути представлена у вигляді схеми, наведеної на рис. 2.

Блоки системи на рис. 2 виконують такі функції:

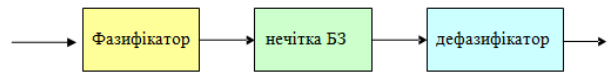


Рисунок 2 – Структура системи нечіткого висновку за результатами обстеження будівельної конструкції

– блок «Фазифікатор» перетворює вектор \tilde{X} чітких значень параметрів стану конструкції у вектор значень ФП ознак передумов дефектів конструкції, при цьому використовуються ФП нечітких термів, що описують X ;

– блок «нечітка база знань» являє собою сукупність експертних процедур імплікації, які приводять до отримання нечіткої множини D вихідних змінних моделі (1);

– блок «дефазифікатор» перетворює нечітке представлення вихідних параметрів моделі (1) \tilde{D} в чітке значення D .

Отже, спочатку потрібно здійснити перехід від чітких значень X вхідних даних моделі (1) до значень \tilde{X} їх лінгвістичних змінних за допомогою операції фазифікації [1].

Розглянемо алгоритм здійснення операції фазифікації. Нехай \tilde{x} – ЛЗ вхідного параметра моделі (1). Для цієї ЛЗ вводяться терми a . Для них будемо використовувати дзвоноподібну функцію приналежності. Ця ФП має два параметри: b – значення аргумента, що відповідає максимальному значенню ФП, і c – коефіцієнт концентрації. Розрахунок ФП кожного терма $\mu_p(\tilde{x})$ ЛЗ \tilde{x} «Параметр передумови» в даному випадку здійснюється за допомогою співвідношення:

$$\mu_p(a(\tilde{x})) = \frac{1}{1 + \left[\frac{1}{1 + \frac{x - b_a}{c_a}} \right]^2}, \quad (2)$$

де b_a і c_a – параметри ФП відповідного терма $a_p(\tilde{x})$ ЛЗ \tilde{x} .

Введемо вектор-стовпчик Q_1 «індикатор вибору терма», який формує експерт. Його розмірність дорівнює k_x – числу термів змінної \tilde{x} . Елемент «1» в цьому векторі відповідає вибраному терму, інші елементи даного вектора – нульові. Введемо також дві матриці Q_2 і Q_3 , необхідні для автоматичної реалізації операції фазифікації. Розмірності першої і другої матриць однакові і дорівнюють $[k_x, 2]$. Матриця Q_2 складається з одиниць. Елементи матриці Q_3 формуються за правилом:

$$Q_3 = Q_1 * Q_2. \quad (3)$$

Параметри g^* ФП терма, що відповідає одиничному елементу вектора Q_1 , визначається зі співвідношення:

$$g^* = \sum_{i=1}^k = 1 \prod_j^2 = 1 g_i * q_{3ij}, \quad (4)$$

де g_i – відповідний параметр ФП i -го терма ($i = 1(1)k$) ЛЗ, що розглядається, вхідного параметра моделі (1); k – кількість термів для ЛЗ вхідного параметра моделі (3).

Розрахунок параметрів фазифікації здійснюється для кожного терма $ap(\tilde{x})$ за допомогою співвідношення (2), у яке замість значення x підставляється значення параметра b_a^* , обчислюваного за формулою (4).

Фізичний зміст описаного алгоритму фазифікації для ЛЗ вхідного параметра, який має три терми, пояснюється графіками на рис. 3. Вертикальна червона лінія означає вибір експертом терма 3. Горизонтальна червона стрілка показує спосіб визначення значення ФП для терма 2 ЛЗ, що розглядається – «Параметр стану будівельної конструкції (БК)».

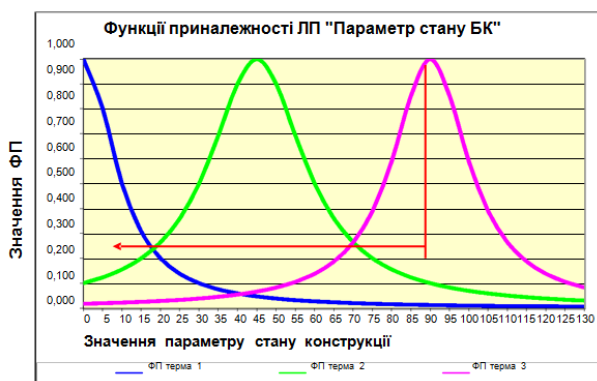


Рисунок 3 – Спосіб виконання фазифікації параметра будівельної конструкції

Вгорі: функції приналежності ЛЗ «Параметр стану БК». Зліва: Значення ФП. Внизу: значення параметра стану конструкції.

Після фазифікації необхідно здійснити описання залежностей між лінгвістичними змінними \tilde{x} ($\tilde{x} \in \tilde{X}$) і \tilde{d} ($\tilde{d} \in \tilde{D}$). Для цього застосуємо операцію імплікації (якщо $\sim \tilde{x}$, то \tilde{d}). В цій логічній операції умовою (антецедентом) виступає вхідна змінна \tilde{x} моделі (1), а заключенням (консеквентом) – вихідна змінна \tilde{d} моделі (1). В даному випадку антецедент являє собою твердження на зразок « x є глибоким», де «глибокий» – це терм лінгвістичної змінної x . При цьому консеквентом для моделі (1)

може розглядатися твердження вигляду: $D \in \tilde{d}$, де $\tilde{d} \in \tilde{D}$.

Процедуру застосування нечіткого логічного висновку при використанні вказаних продукційних правил розділимо на два етапи: узагальнення і заключення. На етапі узагальнення логічного висновку слід визначити ступінь приналежності всього антецедента правила. Для цього будемо застосовувати оператор обчислення мінімального значення ступеня приналежності серед усіх вхідних змінних \tilde{x} ($\tilde{x} \in \tilde{X}$), які формують продукційне правило. Це пояснюється тим, що в даному випадку застосовані вхідні змінні моделі (1) об'єднуються оператором І. Оскільки стосовно одного і того ж результату – дефекта БК, зумовленого однією і тією ж причиною, – усі продукційні правила об'єднані логічною зв'язкою АБО, то будемо застосовувати оператор обчислення максимального значення ступеня приналежності серед усіх продукційних правил.

На етапі заключення (логічного висновку) будемо обчислювати значення консеквента. Вихідними даними для цієї процедури є значення ступенів приналежності антецедентів правил, отриманих на попередньому етапі, стосовно кожного з можливих результатів \tilde{d} ($\tilde{d} \in \tilde{D}$). Результат нечіткого висновку при цьому буде також нечітким. Він представляється відповідним термом лінгвістичної змінної \tilde{d} . В даному випадку слід застосовувати правило вибору в якості консеквента \tilde{d}^* з максимальним значенням функції приналежності. Враховуючи зазначені особливості імплікації $\tilde{x} \rightarrow \tilde{d}$, нечітка база знань описується за допомогою операцій \cup (АБО) і \cap (І) в такій формі:

$$\bigcup_{p=1}^{kj} \left[\bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^{jp}) \right] \text{ з вагою } \omega_{03} \rightarrow \tilde{D} = \tilde{d}_j. \quad (5)$$

Отже, нечітка база знань у формі співвідношень (4) відображає досвід експерта і його розуміння причинно-наслідкових зв'язків між передумовами дефекта і його проявом. Формування нечіткої бази знань може розглядатися як аналог структурної ідентифікації, за якої формується модель обстежуваної будівельної конструкції з параметрами, які підлягають подальшому підлаштуванню при отриманні експериментальних даних про об'єкт. Перехід від нечіткої бази знань до системи нечітких логічних виразів \tilde{D} відповідно до виразу (4) будемо здійснювати за допомогою розрахункового співвідношення:

$$\begin{aligned} \mu^{dj}(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \\ &= \bigvee_{p=1}^{kj} (\omega_{pj} \cdot \bigwedge_{i=1}^n (\mu^{a_i^{jp}}(x_i))), j = 1(1)m, \end{aligned} \quad (6)$$

де $(\mu^{ajp}(x_i))$ – ФП змінної x_i для нечіткого терма

$$a_i^{jp} (j = 1(1)m; p = 1(1)k, i = 1(1)n);$$

$\mu^{dj}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – ФП вектора ознак передумов дефектів будівельної конструкції x_1, x_2, \dots, x_n для рішення $d_j (j = 1(1)m)$; $\vee(\wedge)$ – операції максимізації (мінімізації) відповідних множин значень величин, що розглядаються.

Підставляючи у формулу (6) вектор $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ значень ознак передумов виникнення дефектів будівельної конструкції, отримуємо таку нечітку множину вихідної змінної:

$$\tilde{y} = \left[\frac{\mu^{a_1}(X)}{d_1}, \frac{\mu^{a_2}(X)}{d_2}, \dots, \frac{\mu^{a_m}(X)}{d_m} \right]; \quad (7)$$

Правило вибору рішення про причини дефекта будівельної конструкції в даному випадку полягає у виконанні співвідношення:

$$y = \arg \max(\mu^{d_1}(X), \mu^{d_2}(X), \dots, \mu^{d_m}(X)) \quad (8)$$

$$\{d_1, d_2 \dots d_m\}.$$

У деяких випадках при обстеженні будівельних конструкцій результат, отриманий за допомогою співвідношення (8), виявляється цілком задовільним (наприклад, якщо метою дослідження є лише виявлення передаварійних значень параметрів конструкції). Коли необхідно конкретизувати отриманий результат (перейти до чіткої форми його представлення), застосовується процедура дефазифікації – перетворення нечіткої множини у чітке представлення. Вказана процедура здійснюється за допомогою одного з відомих методів (центра максимума, центра ваги) на основі аналізу відповідної функції приналежності.

Для будівельних конструкцій можна виділити сукупність параметрів стану, які впливають на дефекти БК, але слабо змінюються з часом. Друга група параметрів стану будівельних конструкцій під впливом випадково діючих факторів, може змінюватися з часом. Цю особливість можна використати для прогнозування стану споруд. Прогнозування результатів обстеження з використанням співвідношень (5)...(8) містить такі етапи. Спершу розв'язується задача ідентифікації взаємозв'язку передумов дефектів конструкцій і причин їх появи на основі побудови моделі (1). При цьому слід використовувати всі розрахункові співвідношення, розглянуті вище. Далі для вхідних параметрів необхідно встановити закономірності їх зміни в часі і отримати прогнозовані значення для відповідних інтервалів часу. На основі отриманих результатів можна сформулювати необхідні управляючі впливи для забезпечення працездатності споруд.

Розглянемо застосування пропонованого підходу на розрахунковому прикладі.

В якості аналізованого пошкодження будівельної конструкції розглядаються тріщини. Наявність і характер тріщин в конструкції встановлюються під час обстеження споруди. При цьому також вимірюються параметри ознак передумов появи тріщин. Крім цього, є отримані експертним способом правила імплікації параметрів конструкції в причини появи тріщин. Необхідно здійснити прогнозування можливості появи дефектів кожного з наявних типів в майбутні інтервали часу.

Вихідні дані для задачі

Стан будівельної конструкції оцінюється сукупністю параметрів, наведених в табл. 1. Для описання функцій приналежності нечітких термів параметрів стану будівельних конструкцій і причин їх пошкоджень застосовується дзвоноподібна форма ФП. Можливі причини появи дефектів (тріщин) і їх терми наведені у табл. 2. Матриця знань у формі апріорно встановлених можливостей появи дефектів залежно від значень параметрів стану будівельних конструкцій наведена в табл. 2. Усі вагові коефіцієнти відповідних нечітких заключень беруть рівними одиниці: $w_{ij} = w = 1$.

Змістовний зміст параметрів, що застосовуються, необхідні числові значення і результати розрахунків фазифікації (для періоду обстеження t_1) зведено в табл. 1.

База нечітких знань для розрахункового прикладу наведена в табл. 2.

Результати розрахунку параметрів моделі (1) (для періоду обстеження t_1) відповідно до бази знань (табл. 2) наведено в табл. 3.

Результати прогнозування появи пошкоджень будівельних конструкцій по кожній з можливих причин наведено у графічній формі (рис. 4).



Рисунок 4 – Значення ФП термів ЛЗ «Причина пошкодження конструкції»

Таблиця 1

Назва терма	Позначення терма	Параметри ФП терма		Вектор Q ₁	Матриця Q ₂		Матриця Q ₃		Результат фазифікації
		b	c						
ЛЗ X₁ – «Місце розташування тріщини»									
Через всю конструкцію	вк	0,000	0,100	0	1	1	0	0	0,322
Між стінами	мс	0,145	0,080	1	1	1	1	1	1,000
В місцях примикання	мп	0,290	0,200	0	1	1	0	0	0,655
Від монолітного включення	мв	0,44	0,30	0	1	1	0	0	0,517
На опорах	оп	0,58	0,08	0	1	1	0	0	0,033
У верхній частині конструкції	вч	0,73	0,10	0	1	1	0	0	0,029
На вільному полі	вв	0,87	0,20	0	1	1	0	0	0,071
На нижній частині конструкції	нч	1,00	0,40	0	1	1	0	0	0,180
ЛЗ X₂ – «Зовнішній вигляд тріщини»									
Вертикальна	в	0,000	10,000	1	1	1	1	1	1,000
Похила	п	45,000	15,000	0	1	1	0	0	0,100
Горизонтальна	г	90,000	12,000	0	1	1	0	0	0,017
ЛЗ X₃ – «Напрямок розкриття тріщини»									
Верхній	вр	0,000	0,100	1	1	1	1	1	1,000
Рівномірний	рр	0,500	0,300	0	1	1	0	0	0,265
Нижній	нр	1,000	0,200	0	1	1	0	0	0,038
ЛЗ X₄ – «Ширина тріщини»									
Волосна	вол	0,000	0,100	0	1	1	0	0	0,002
Дрібна	др	2,000	2,000	1	1	1	1	1	1,000
Розвинута	роз	5,500	2,000	0	1	1	0	0	0,246
Велика	вел	12,000	4,000	0	1	1	0	0	0,138
Крупна	кр	35,000	10,000	0	1	1	0	0	0,084

Таблиця 2

№ пор.	Терм ЛЗ X ₁	Терм ЛЗ X ₂	Терм ЛЗ X ₃	Терм ЛЗ X ₄	Проміжні значення ФП термів ЛЗ «Причина пошкодження конструкції»	Терми ЛЗ «Причина пошкодження конструкції»
1	оп	в	вр	вол	d1	Статичні перевантаження конструкції
2	чв	к	вр	вол	d1	
3	оп	в	вр	др	d1	
4	вч	к	вр	др	d1	
5	вп	в	вр	др	d1	
6	мп	в	вр	вол	d1	
7	вч	в	вр	вол	d1	
8	оп	в	вр	вол	d1	
9	мп	в	вр	вол	d2	Динамічні перевантаження конструкції
10	чв	к	рр	вол	d2	
11	сп	в	вр	др	d2	
12	вч	к	вр	др	d2	
13	оп	в	вр	роз	d2	
14	мс	в	вр	роз	d2	

Закінчення табл. 2

№ пор.	Терм ЛЗ X ₁	Терм ЛЗ X ₂	Терм ЛЗ X ₃	Терм ЛЗ X ₄	Проміжні значення ФП термів ЛЗ «Причина пошкодження конструкції»	Терми ЛЗ «Причина пошкодження конструкції»
15	вч	в	вр	кр	d5	Температурні деформації конструкції
16	сп	к	рр	вол	d5	
17	вч	к	вр	др	d5	
18	сп	в	рр	вел	d5	
19	сп	в	рр	кр	d5	

Таблиця 3

№ пор.	Терм ЛЗ X ₁	Терм ЛЗ X ₂	Терм ЛЗ X ₃	Терм ЛЗ X ₄	Проміжні значення ФП термів ЛЗ «Причина пошкодження конструкції»	Терми ЛЗ «Причина пошкодження конструкції»	ФП термів ЛЗ «Причина пошкодження конструкції»
1	0,033	1,000	1,000	0,002	0,002	Утворення тріщини в конструкції через статичні перевантаження	0,071
2	0,322	0,100	1,000	0,002	0,002		
3	0,033	1,000	1,000	1,000	0,033		
4	0,029	0,100	1,000	1,000	0,029		
5	0,071	1,000	0,265	1,000	0,071		
6	0,655	1,000	1,000	0,002	0,002		
7	0,029	1,000	1,000	0,002	0,002		
8	0,033	1,000	1,000	0,002	0,002		
9	0,655	1,000	1,000	0,002	0,002	Утворення тріщини через динамічні перевантаження	0,246
10	0,322	0,100	0,265	0,002	0,002		
11	0,071	1,000	1,000	1,000	0,071		
12	0,029	0,100	1,000	1,000	0,029		
13	0,033	1,000	1,000	0,246	0,033		
14	1,000	1,000	1,000	0,246	0,246	Утворення тріщини в конструкції через температурні деформації	0,071
40	0,029	1,000	1,000	0,084	0,029		
41	0,071	0,100	0,265	1,000	0,071		
42	0,029	0,100	1,000	1,000	0,029		
43	0,071	1,000	0,265	0,138	0,071		
44	0,071	1,000	0,265	1,000	0,071		

Зверху: ФП причин пошкодження конструкції. Зліва: Значення ФП. Внизу: Інтервали між обстеженнями; статичне перевантаження; динамічне перевантаження; температурні деформації.

З графіків, наведених на рис. 4, випливає, що найбільш очікуваною причиною пошкодження конструкції в період t_1 є динамічні перевантаження, а в періоди t_2, t_3, t_4 і t_5 – температурні деформації конструкції, причому зі збільшенням часових інтервалів можливість цієї причини зростає.

Висновок

Застосування апарату нечіткої логіки дає можливість створити модель ідентифікації причин виникнення дефектів будівельних конструкцій різного типу. Отримані прогнози дозволяють скоротити витрати на обстеження будівельних об'єктів і подальші експлуатаційні впливи на них.

В розглянутих методах і моделях не повною мірою враховується невизначеність отримуваних фактичних даних про будівельні конструкції, зумовлена їх високою складністю і значною кількістю факторів, що спричиняють пошкодження. Виходом з такого положення є застосування знань і досвіду експертів сумісно з результатами інструментального та візуального контролю.

Запропонований підхід дозволяє знизити рівень невизначеності у процесі планування експлуатаційних впливів на споруди, а також створюються передумови автоматизації складної логічної обробки експериментальних і експертних даних. Критерієм відбору заходу і відповідних ресурсів, необхідних для конкретного обстеження, є кінцеве заключення (консеквент) логічного висновку щодо прогнозованих причин появи дефектів контрольованих споруд.

Список літератури

1. Михайленко В.М. Інформаційна технологія оцінки технічного стану елементів будівельних конструкцій із застосуванням нечітких моделей [Текст] // О.О. Терент'єв, Б.М. Єременко // – Д.: Строительство, материаловедение, машиностроение, сб. науч. трудов / Под общ. ред. проф. В.И. Большакова. – Днепропетровськ, 2013. – №70. – С. 133 – 141.
2. Терент'єв О.О. Інформаційна технологія системи діагностики технічного стану будівель на основі дослідження мікросейсмічних коливань / Шабала Є.С., Малина Б.С. – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, вип. 23/2015. – КНУБА, 2015. – С.133 – 139.
3. Терент'єв О.О. Моделі визначення фізичного зношення конструктивних елементів будівлі для задач діагностики технічного стану [Текст] / О.О. Терент'єв, О.І. Баліна, Є.С. Шабала // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 26. – С. 153 – 157.
4. Терент'єв О.О. Розробка інформаційної технології проектування та контролю місцезоположення мобільних об'єктів [Текст] / О.О. Терент'єв, О.І. Баліна, Є.С. Шабала, О.С. Турушев // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 25. – С. 133 – 138.
5. Михайленко, В. М. Експериментальні дослідження та реалізація інформаційної системи тестування нейронної мережі для задачі діагностики технічного стану будівель [Текст] / В.М. Михайленко, О.О. Терент'єв, Є.С. Шабала, О.С. Турушев // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 27. – С. 139 – 144.
6. Каталог приборов неразрушающего контроля качества железобетона. НИИСК Госстроя СССР, [Текст]. – Киев, 1986. – 24 с.
7. Сімак С.В. Прогнозування ймовірних наслідків розвитку ринкових перетворень у будівельному комплексі / С.В. Сімак // Сучасні тенденції розвитку менеджменту: збірник матеріалів міжрегіональної наукової конференції. – Запоріжжя: ЗНУ, 2010. – С. 172-173.
8. Калинин В.М. Оценка технического состояния зданий: учебник / В.М. Калинин, С.Д. Сокова. – М.: ИНФРА – М, 2006. – 268 с.
9. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд: Навч. посібник / Є.В. Клименко. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 304 с.
10. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – К. : НДІБВ, 2003. – 144 с.

Стаття надійшла до редколегії 30.01.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Михайленко, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

Шабала Евгения Евгеньевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, orcid.org/0000-0002-0428-9273
 Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Полторак Александр Борисович

Аспирант кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики, orcid.org/0000-0001-6995-1419
 Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Описан принцип построения математической модели, которая позволяет определить причинно-следственные связи между дефектами строительных конструкций и факторами, влияющими на эти события. Результаты этого моделирования должны быть такими, чтобы их можно было применять для принятия решений по управлению за техническим состоянием обследуемых сооружений. Рассмотрен алгоритм осуществления операции фаззификации. Для строительных конструкций необходимо выделить совокупность параметров состояния, которые влияют на дефекты строительных конструкций, но слабо меняются со временем. Вторая группа параметров состояния строительных конструкций под влиянием случайно действующих факторов, может меняться со временем. Эту особенность можно использовать для прогнозирования состояния сооружений. В качестве анализируемого повреждения строительной конструкции рассматриваются трещины. Наличие и характер трещин в конструкции устанавливаются при обследовании сооружения. Предложенный подход позволяет снизить уровень неопределенности при планировании эксплуатационных воздействий на сооружения, а также создают предпосылки автоматизации сложной логической обработки экспериментальных и экспертных данных.

Ключевые слова: нечеткая база знаний; дефекты; лингвистические переменные; терм-множество; фаззификация; нечеткая логика

Shabala Yevheniia

PhD (Eng.), associate professor, Department of Information Technology, *orcid.org/0000-0002-0428-9273*
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

Poltorak Olexander

postgraduate, Department of information technology and applied mathematics, *orcid.org/0000-0001-6995-1419*
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

CONSTRUCTION A SYSTEM OF FUZZY INFERENCE DIAGNOSIS OF TECHNICAL CONDITION OF BUILDING CONSTRUCTIONS

Abstract. This article describes the principle of mathematical model that allows to determine the causal relationship between defect structures and factors influencing these events. The results of this modeling should be such that they can be used for decision-making on the management of the technical condition survey of buildings. The algorithm phasing of the transaction. For building designs should be allocated a set of state parameters that affect building structures defects, but little change over time. The second group of parameters of building structures under the influence of accidental operating factors may change over time. This feature can be used for predicting the state of structures. As analyzed building structure damage dealt crack. The presence and nature of cracks in structures installed at inspection facilities. The approach can reduce the level of uncertainty in the planning of operational impacts on structures and are prerequisites automate complex logic and expert processing of experimental data.

Keywords: fuzzy knowledge base; defects; linguistic variables; term-set; phasing; fuzzy logic

References

1. Mikhailenko, V.M. (2013). Information technology assessment of technical condition of building constructions elements with the use of fuzzy models [Text] / V.M. Mikhailenko, O.O. Terentyev, B. Eremenko // Construction, materials science, mechanical engineering, Sat. scientific. works under the general editorship of Professor V.I. Bolshakova release. - Dnepropetrovsk, 70, 133-141.
2. Terent'ev, Alexandr & Shabala, Yevgeniya & Malina, Bogdan. (2015). Fundamentals of fuzzy output for problem diagnostics of technical condition of buildings. Management of Development of Complex Systems, 22 (1), 138-143.
3. Terent'ev, Alexandr, Shabala, Yevgeniya & Malina, Bogdan. (2015). Information technology of buildings of technical diagnostic based research microseismic vibrations. Management of Development of Complex Systems, 23 (1), 133-139.
4. Terentyev, Olexander. (2015). The Method of Direct Grading and the Generalized Method of Assessment of Buildings Technical Condition [Text]// Olexander Terentyev, Mykola Tsiutsiura// International Journal of Science and Research (IJSR), 4 (7), 827-829.
5. Mikhailenko, V.M. (2014). The experimental results of the expert system for the diagnosis of the problem of technical condition of buildings [Text] / V.M. Mikhailenko, A.A. Terentyev, B. Eremenko // Construction, materials science, mechanical engineering, Sat. scientific. works under the general editorship of Professor VI Bolshakova release. Dnepropetrovsk, Ukraine, 78, 190–195.
6. Terentyev, A.A. (2016). Models wear determining physical structural elements of the building for problems diagnostics of technical state [Text] / A.A. Terentyev, O.I. Balina, E.E. Shabala// Kyiv, Ukraine: Management of development of complex systems, 26, 153-157.
7. Terentyev, A.A. (2016). Development of information technology for the design and monitoring of mobile location objects [Text] / A.A. Terentyev, O.I. Balina, E.E. Shabala, A.S. Turushev // Kyiv, Ukraine: Management of development of complex systems, 25, 133-138.
8. Mikhailenko, V.M. (2016). Experimental research and implementation information system testing neural network tasks for diagnostic of technical condition buildings [Text] / A.A. Terentyev, E.E. Shabala, A.S. Turushev // Kyiv, Ukraine: Management of Development of Complex Systems, 27, 139–144.
9. GOST 8829-84 (State Standard B.V.2.6-7-95) products for construction, concrete and reinforced concrete prefabricated. Methods searched of-load. Rules evaluate the strength, hardness and fracture toughness. USSR State Building, Publisher Standards [Text]. Moscow, Russia, 20.
10. Catalog of instruments for non-destructive quality control of concrete. NIISK Gosstroy USSR [Text]. Kyiv, 24.

Посилання на публікацію

- APA Shabala, Ye., Poltorak, O. (2017). Construction a system of fuzzy inference diagnosis of technical condition of building constructions. Management of Development of Complex Systems, 29, 143 – 150 [in Ukrainian].
- ГОСТ Шабала, Є.С. Побудова системи нечіткого виведення діагностики технічного стану будівельних конструкцій [Текст] / Полторак О.Б. // Управління розвитком складних систем. – 2017. – № 29. – С. 143 – 150.