

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

МЕТОДИ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК
В СИСТЕМАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Методичні вказівки до виконання практичних робіт
спеціальності: 122. «Комп'ютерні науки»,
126. «Інформаційні системи та технології»

Київ 2023 р.

УДК 69:002;72.025;721

ББК 30.2-5-05

М79

Укладачі: О.О. Терентьєв, докт. техн. наук, професор

Рецензент Т.А. Гончаренко, канд., техн., наук, доцент

Відповідальний за випуск О.О. Терентьєв, докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики

Затверджено на засіданні кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, протокол №10 від 28 червня 2023р.

М79

Методи експертних оцінок в системах прийняття рішень:
Методичні вказівки до виконання практичних робіт /Уклад. О.О. Терентьєв.– К.: КНУБА, 2023. – 14 с.

ВСТУП

Методичні вказівки до виконання практичних робіт є логічним продовженням лекційного курсу з дисципліни "Методи експертних оцінок в системах прийняття рішень" і сполучною ланкою для переходу від виконання навчальних завдань до проведення самостійної роботи по реальній тематиці.

Метою є розробка моделей та методів інформаційної системи діагностики технічного стану будівель, що дозволить підвищити ефективність процесу обстеження та покращити якість прийняття рішень щодо безпечної та прогнозно-надійної експлуатації будівель.

В процесі виконання роботи студенти повинні продемонструвати вміння застосовувати на практиці знання, отримані під час вивчення дисципліни.

До *основних* задач, що базуються на експертній обробці даних, в реалізації комплексу задач по безпечній експлуатації будівель є моделі та методи формування експертної оцінки при обстеженні технічного стану будівель. Перевага цього підходу полягає в задачі створення системи діагностики технічного стану будівель; дослідженні інтелектуальної технології при реалізації інформаційної системи управління обстеження та діагностики технічного стану будівель; проведення досліджень експертних систем.

В зв'язку з цим розглянемо підхід експертної оцінки обстеження технічного стану об'єктів будівництва. При такому підході з'являється можливість отримання результатів ознак пошкодження при різних варіантах і при різних ознаках та співставлення результатів заданими спочатку. Це дозволяє вести процес спостереження та своєчасно приймати необхідні рішення щодо безпечної та надійної експлуатації будівель і створення нормальних умов перебування обслуговуючого персоналу, враховуючи результати обстеження будівель.

РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНКОВИЙ ПРИКЛАД ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Постановка задачі. Ця будівля є прикладом порушення правил експлуатації, що виражається в несвоєчасному захисті стіни будівлі від зволоженості та викликане пошкодженням покрівлі (рис. 1.1).



Рис. 1.1 Фрагмент пошкодженої стіни будівлі

Параметром x її стану являється залишковий ресурс надійності в роках експлуатації. До множин дій відносяться зміцнення конструкції, розбирання частини стіни будівлі, знос будівлі. Передбачається, що за результатами аналізу ретроспективної інформації, передбачені границі зміни параметру x , які знаходяться в межах інтервалу $\{0,4\}$ років. При цьому експерт описує даний параметр як лінгвістичну зміну «залишковий ресурс». Для числового опису даного параметру використовується дзвонкоподібна функція приналежності з показниками $b=2,2$ роки і $c=0,4$.

Експертне виведення припускає для нечіткої величини керовану дію, яка має дзвонкоподібну функцію приналежності з параметрами $b=100$ і $c=50$. Рівень дій в даному випадку може визначатися вартістю заходів, наприклад, в долях відсотків від вартості повної заміни конструкції.

Тоді значення нечіткої змінної, що характеризує управління за технічним станом конструкції, може мати границі зміни $\{0;100\}$.

Особливості системи контролю конструкції будівлі не дозволяють отримати точне значення параметру x . Поточне значення параметру конструкції оцінюється експертно за непрямыми ознаками. Для кожного з можливих станів конструкції вводяться терми q , що мають вигляд: «залишковий ресурс дуже низький», «залишковий ресурс низький», «залишковий ресурс задовільний». Для кожного з вказаних термів експертним способом визначена на основі ретроспективної інформації відповідна ФП. При дослідженні поточного стану стіни, експерти

отримали висновок, що $q_f = 1,8$ роки, де q_f - оцінка значення залишкового ресурсу конструкції. Для розрахунків використовуються припущення, що терму «залишковий ресурс низький» відповідає дзвонкоподібна ФП з наступними показниками: координата максимального значення ФП рівна 1,8 року; коефіцієнт концентрації дорівнює 0,1.

Необхідно.

Підготувати обґрунтований варіант рішення системи інтелектуального управління технічного стану конструкції (пошкодженої стіни будівлі).

Рішення задачі.

Розглянемо два варіанти постановки завдання.

Перший варіант завдання полягає в тому, що результат q_f контролю конструкції розглядається як чітке число. Прийняття рішення для цього результату приведені на графіку (рис. 1.2). Синя стрілка показує спосіб реалізації продукційного правила P для даного результату контролю.

Ідея здійснення процедури інтелектуального вибору рішення, представлена на графіку (рис. 1.3).

Червона стрілка на графіку (рис. 1.3) визначає дію, яка експертно встановлена прийнятним рівнем витрат, що здійснена на управління при зафіксованому поточному стані конструкції. Цей стан виражений чітким значенням q_f параметру, рівним 1,8 року.

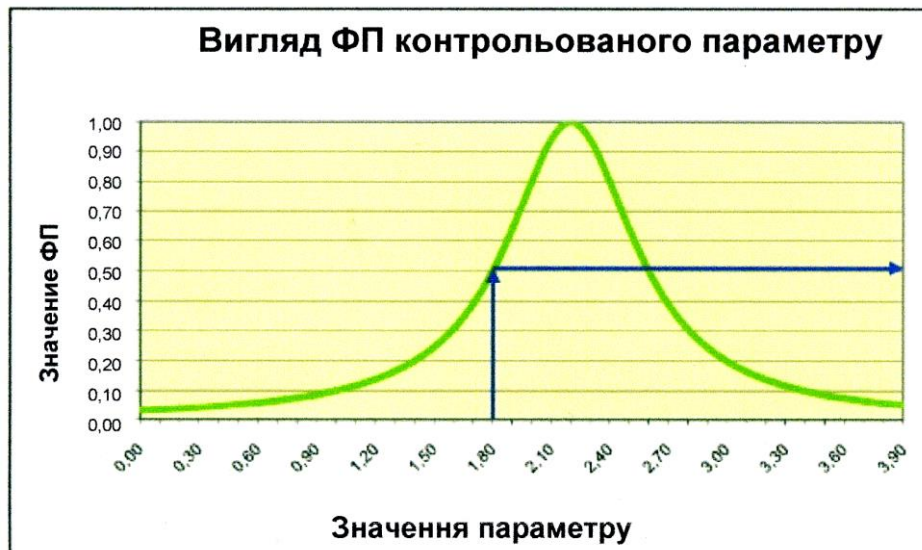


Рис. 1.2 Вид ФП для значення параметру стану «залишковий ресурс»



Рис. 1.3 Вигляд ФП для можливих керівних дій

Розглянемо другий варіант рішення задачі.

Параметр стану стіни представляє собою нечітку величину з декількома термами. Як і в першому прикладі, зміна параметра x «залишковий ресурс» знаходиться в межах інтервалу $\{0; 4\}$ роки. Проте тепер результат qf оцінювання технічного стану конструкції характеризується термом «залишковий ресурс низький», що має відповідну ФП. Цей результат представлений на рис. 1.4.

Отримаємо тепер оцінку zf на основі реалізації правила перетину двох нечітких великих кількостей відповідно до виразу. Дана дія відображена на рис. 1.4.

Значення ФП результату контролю, представляють собою мінімальне значення для двох даних ФП при одних і тих же числових значеннях параметру стану конструкції. Підсумкова ФП представляє на рис. 6 вигляд залежності, що представлено на графіку червоним кольором. Максимальне значення цієї підсумкової ФП відповідає рівню a . Для вибору дії, початкова ФП (див. рис. 1.3) відсікається на рівні a . Підсумкова ФП інтелектуального рішення представлена на рис. 1.6 (графік зеленого кольору).

Для визначення чіткого аргументу по управлінню за технічним станом конструкції можна скористатися методом «центру тяжіння». В даному випадку, точка «А» на рис. 5-6 відповідає «центру тяжіння» ФП прийнятого рішення. Синя стрілка, початок якої знаходиться в «центрі тяжіння», визначає доцільне рішення по управлінню за технічним станом конструкції. Порівняння ФП отримуваних рішень для двох варіантів завдання по управлінню за станом конструкції (рис. 1.3 і рис. 1.6) показує, що зниження рівня визначеності контролю стану приводить до підвищення

ціни необхідних дій. Це відповідає реальній ситуації експертного оцінювання стану конструкції, коли знижується впевненість експерта у формулюванні виводу при «розмиванні» умов отримання експертного висновку і він вважає за краще «підстрахуватися», вибираючи найбільш ефективніший спосіб впливу на конструкцію, яка являється при цьому найбільш дорожчим.

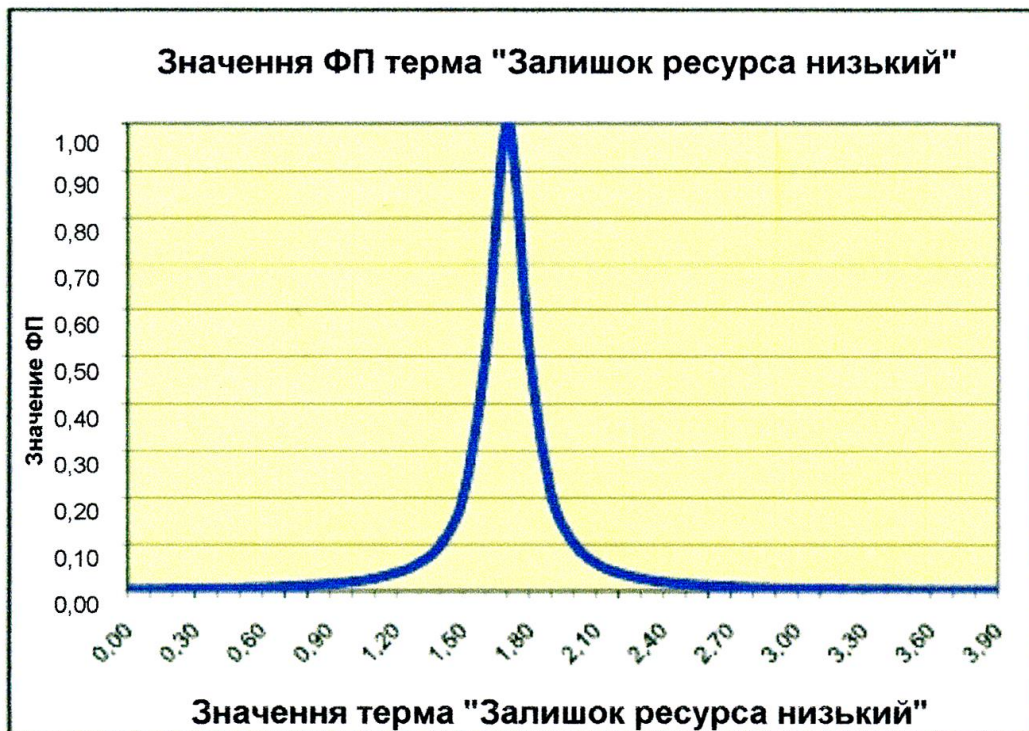


Рис. 1.4 Вигляд ФП для значення q_f терма «залишковий ресурс низький»

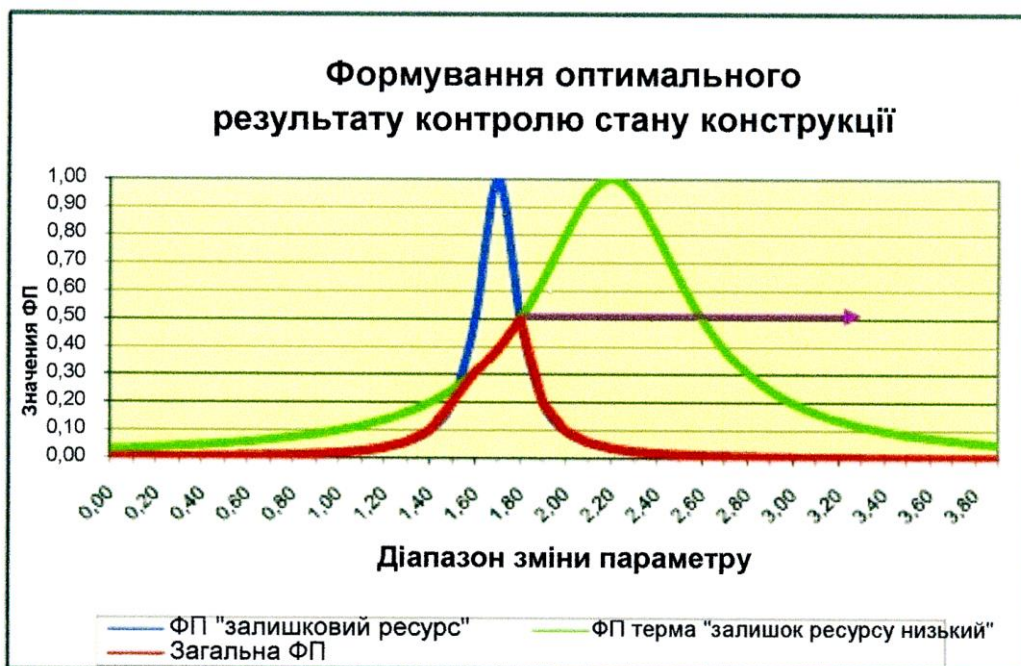


Рис. 1.5 Вигляд ФП для оцінки стану конструкції при нечіткому контролі

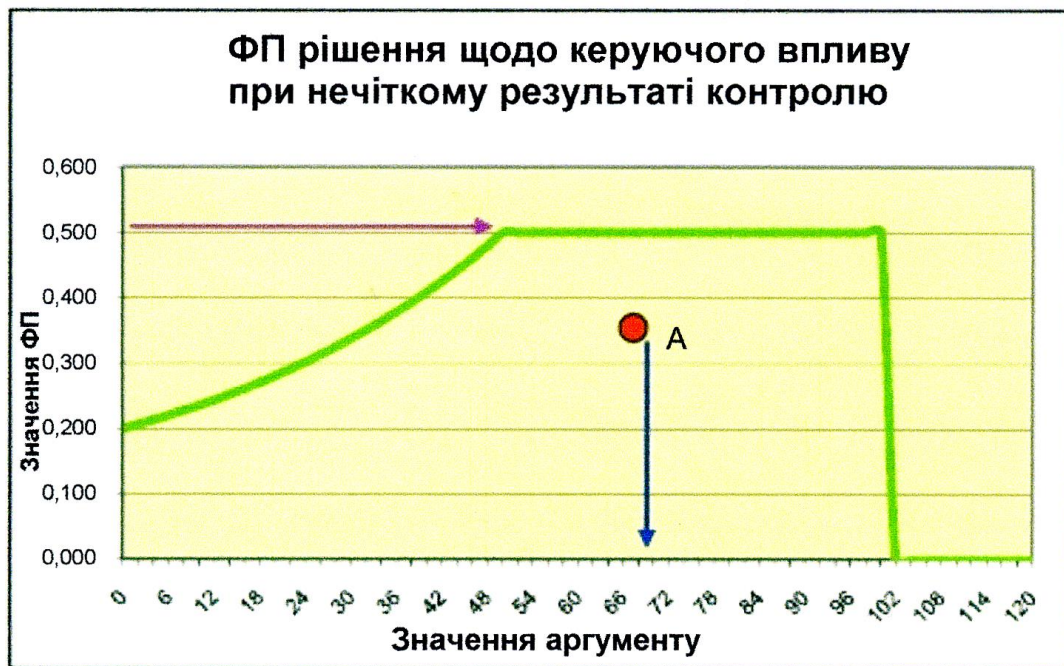


Рис. 1.6 Вигляд підсумкової ФП для прийняття рішення по управлінню за технічним станом конструкцій при нечіткому контролі

Використовуючи апарат нечіткої логіки можна побудувати модель інтелектуального прийняття рішення технічного стану конструкцій будівель. Основними елементами моделі є описи нечіткого продукційного виведення і нечіткого контролю стану конструкцій будівлі при формуванні яких використовуються інструментальні засоби і знання експертів. Отримані при моделюванні рекомендації дозволяють точніше визначити витрати на експлуатацію будівель за рахунок обліку істотних невизначеностей, характерних для даного типу об'єктів.

Аналіз дослідження показав, що в даних методах і моделях не повною мірою враховується невизначеність результатів поточного контролю фактичного стану конструкцій і прийняття рішення, що обумовлено рядом об'єктивних факторів, включаючи обмеженість неявної ретроспективи інформації. Виходом є вдосконалення систем підтримки прийняття рішень в напрямі узагальнення знань і досвіду експертів за результатами інструментального і візуального контролю конструкцій.

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ І МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ ОЦІНКИ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ І СПОРУД

Одним з напрямків, що базуються на експертній обробці даних, в реалізації комплексу задач по безпечній експлуатації будівельних конструкцій споруд є побудова моделей та методів формування експертної оцінки системи діагностики технічного стану. Перевага цього підходу полягає в задачі створення системи діагностики технічного стану будівельних конструкцій споруд; дослідженні інтелектуальної технології при реалізації інформаційної системи управління обстеження та діагностики технічного стану; проведення досліджень експертних систем.

В зв'язку з цим розглянемо підхід експертної оцінки системи діагностики технічного стану будівельних конструкцій і споруд. При такому підході з'являється можливість отримання результатів ознак пошкодження при різних варіантах і при різних ознаках та співставлення результатів заданими спочатку. Це дозволяє вести процес спостереження та своєчасно приймати необхідні рішення щодо безпечної та надійної експлуатації і створення нормальних умов перебування обслуговуючого персоналу, враховуючи результати обстеження.

При побудові експертної оцінки формується експертна група, яка після проведення попереднього огляду та визначення необхідних обсягів робіт визначають дефекти та пошкодження конструктивних елементів споруди.

Метод формування експертної оцінки при обстеженні технічного стану будівельних конструкцій і споруд (етапи):

1. Формування ознак пошкоджень (ранжування) – (m) .
2. Формування експертної групи:
 - призначається кількість експертів (h) ;
 - в залежності від відповідей експертів формується матриця-рядок по кожній j -тій ознаці пошкодження:

$$Y_j = |a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{hj}| \quad (2.1);$$

- знаходиться середнє значення оцінок групи по j -той ознаці пошкодження:

$$A_j = (\sum_{t=1}^h a_{tj})/h \quad (2.2);$$

- визначається відхилення оцінки кожного експерта від середнього значення оцінок групи по всім j -тим ознакам пошкодження $\Delta_{tj} = |a_{tj} - A_j|$, в результаті формується матриця відхилень:

$$D = ||D_j|| = \left\| \begin{vmatrix} \Delta_{11} & \Delta_{21} & \dots & \Delta_{h1} \\ \Delta_{12} & \Delta_{22} & \dots & \Delta_{h2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta_{1m} & \Delta_{2m} & \dots & \Delta_{hm} \end{vmatrix} \right\| \quad (2.3);$$

- знаходиться середнє відхилення оцінок кожного експерта за всіма ознакам пошкодження від середнього значення оцінок групи:

$$\bar{\Delta} = \left(\sum_{j=1}^m \bar{\Delta} \right) / m \quad (2.4);$$

в результаті отримана матриця-рядок:

$$\bar{D} = \left| \bar{\Delta}_1, \bar{\Delta}_2, \dots, \bar{\Delta}_h \right| \quad (2.5);$$

- експерти нумеруються за ступенем віддаленості їх оцінок від середнього значення оцінок групи. В підсумку встановлюється кортеж компетентності експертів:

$$\bar{D}^* = \left| \bar{\Delta}_1^*, \bar{\Delta}_2^*, \dots, \bar{\Delta}_h^* \right| \quad (2.6);$$

- визначається середнє значення коефіцієнта впевненості. Коефіцієнт впевненості визначається в залежності від ознак фізичного зношення та правил оцінки технічного стану конструктивних елементів будівлі, як правило, приймається рівним 0,5 ($F=0,5$). При $F < 0,5$ експертну групу переформовують шляхом виключення із списку останніх номерів експертів, в яких спостерігається різке відхилення відповідей від середньої думки групи.

3. Формування правил роботи експертної групи (табл. 2.1):

- впорядковуються ознаки пошкодження, починаючи з найменшого важливого $x_1 < x_2 < \dots < x_m$ (2.7);
- приписуються ранги a_i ($a_1=1$; $a_2=1$; $\dots$ $a_m=1$) (2.8);
- визначаються вагові коефіцієнти ознак пошкодження a_j ($j=1, m$)

за формулою:

$$a_j = \sum_{t=1}^h a_{jt} / \left(\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h a_{jt} \right) \quad (2.9).$$

4. Оцінка ступеню узгодженості думок експертів (табл. 2.2):

- результати ранжування представляються у вигляді матриці рангів;
- визначається відповідно сума рангів по кожній j -тій ознаці пошкодження і середня сума рангів:

$$Q_j = \sum_{t=1}^h a_{jt} \quad (2.10),$$

де Q_j – сума рангів;

$$T = \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h a_{jt} / m \quad (2.11),$$

де T – середня сума рангів.

- розраховується сума квадратів відхилень:

$$S_E = \sum_{j=1}^m \delta_j^2 = \sum_{j=1}^m (Q_j - T)^2 \quad (2.12);$$

- визначається коефіцієнт впевненості:

$$F = 12S_E / \left\{ h^2 (m^3 - m) \right\} \quad (2.13).$$

Таблиця 2.1

Формування правил роботи експертної групи

Номер ознаку пошкодження	Умовні позначення ознаку пошкодження	Номер експерта					Вагові коефіцієнти
		1	2	...	...	j	
1	m_1	h_{11}	h_{12}	...	...	h_{1j}	a_1
2	m_2	h_{21}	h_{22}	...	...	h_{2j}	a_2
...	...	...	...	...	...	...	...
n	m_i	h_{i1}	h_{i2}	...	...	h_{ij}	a_j

Таблиця 2.2

Оцінка ступеню узгодженості думок експертів

Номер ознаку пошкодження	Умовні позначення ознаку пошкодження	Номер експерта					Сума рангів	Відхилення суми рангів	Квадрат відхилення
		1	2	...	...	j			
1	m_1	h_{11}	h_{12}	...	...	h_{1j}	Q_1	$Q_1 - T$	$(Q_1 - T)^2$
2	m_2	h_{21}	h_{22}	...	...	h_{2j}	Q_2	$Q_2 - T$	$(Q_2 - T)^2$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
n	m_i	h_{i1}	h_{i2}	...	...	h_{ij}	Q_j	$Q_j - T$	$(Q_j - T)^2$
Середня сума рангів							T		
Сума квадратів відхилень									S_E

Якщо $F > 0,5$, то існує достатня ступінь узгодженості між думками експертів. Якщо $F < 0,5$, то група експертів корегується шляхом виключення останнього експерта в кортежі, перераховується коефіцієнт впевненості і таке інше, до отримання необхідного ступеню узгодженості.

Якщо експерт не може вказати порядок спадання двох або декількох ознак пошкодження, він приписує кожному із них однаковий ранг.

В цьому випадку коефіцієнт впевненості розраховують до залежності:

$$F = S_E \left/ \left(\frac{1}{12} h^2 (m^3 - m) - h \sum_{t=1}^h T_t \right) \right. \quad (2.14),$$

$$T_t = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^m (Z_j^3 - Z_j) \quad (2.15),$$

де Z_j = число однакових рангів в t -м ранжуванні.

2.2. Приклад експертної оцінки системи діагностики технічного стану будівельних конструкцій і споруд

При формуванні експертної оцінки системи діагностики технічного стану споруди можуть підлягати об'єкти громадського та виробничого призначення.

Основними ознаками пошкодження при обстеженні споруди є: тріщина в цоколі фундаменту ($m1$), тріщина в стіні фасаду ($m2$), тріщина в плиті перекриття ($m3$), тріщина в залізобетонних балках даху ($m4$), тому прийемо ці ознаки пошкодження в якості основних.

На рис. 2.1 представлений зовнішній вигляд споруди та виявленні ознаки пошкодження при обстеженні.

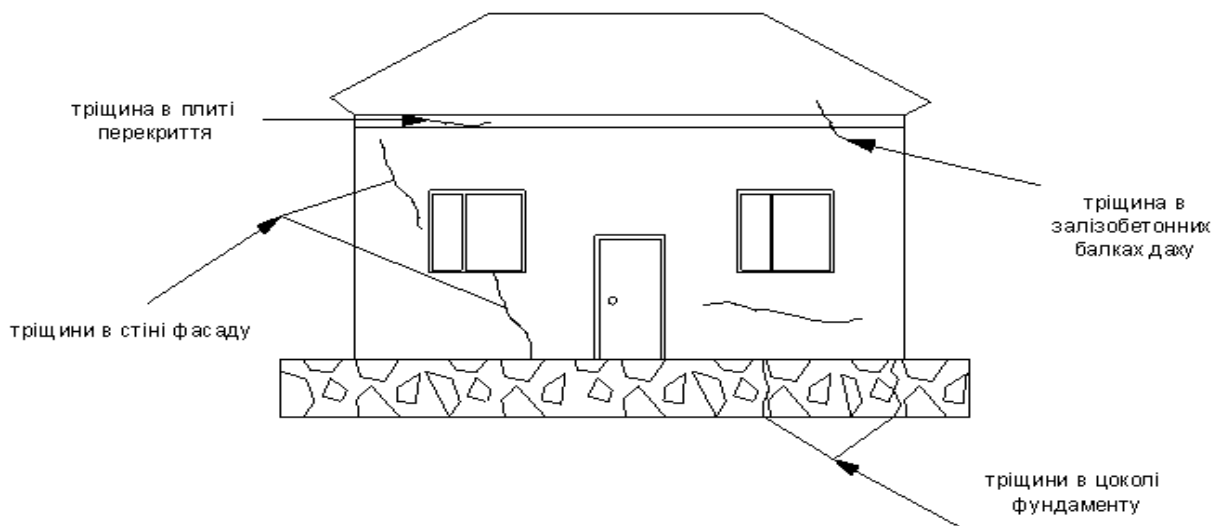


Рис. 2.1. Зовнішній вигляд будівлі, виявленні ознаки пошкодження

При діагностиці технічного стану споруди в науково-дослідних організаціях (спеціалізованих), що займаються питаннями обстеження, існують підрозділи в яких, як правило формуються експертна група з 5 експертів:

- I – експерт – завідуючий відділом;
- II – експерт – завідуючий сектором;
- III – експерт – ст. наук. співробітник;
- IV – експерт – мол. наук. співробітник;
- V – експерт – інженер I-ої категорії

складені матриці рядку оцінок експертів по кожній j -тій ознаці пошкодження згідно виду (8.1):

$$Y_1 = | 0,41 \quad 0,37 \quad 0,05 \quad 0,44 \quad 0,33 | ;$$

$$Y_2 = | 0,21 \quad 0,33 \quad 0,11 \quad 0,23 \quad 0,30 | ;$$

$$Y_3 = | 0,10 \quad 0,08 \quad 0,33 \quad 0,13 \quad 0,05 | ;$$

$$Y_4 = | 0,16 \quad 0,17 \quad 0,21 \quad 0,06 \quad 0,21 | ;$$

Середнє значення оцінок групи по кожній ознаці пошкодження відповідно будуть становлять згідно виду (8.2):

$$A_1 = (0,41 + 0,37 + 0,05 + 0,44 + 0,33)/5 = 0,320;$$

$$A_2 = (0,21 + 0,33 + 0,11 + 0,23 + 0,30)/5 = 0,236;$$

$$A_3 = (0,10 + 0,08 + 0,33 + 0,13 + 0,05)/5 = 0,138;$$

$$A_4 = (0,16 + 0,17 + 0,21 + 0,06 + 0,21)/5 = 0,162.$$

Після визначення відхилень оцінок кожного експерта від середнього значення оцінок групи Δ_{ij} по кожній ознаці пошкодження отримана матриця відхилень згідно виду (2.3):

$$\Delta_{11} = (0,41 - 0,32) = 0,09; \quad \Delta_{21} = (0,37 - 0,32) = 0,05;$$

$$\Delta_{31} = (0,05 - 0,32) = 0,27; \quad \Delta_{41} = (0,44 - 0,32) = 0,12;$$

$$\Delta_{51} = (0,33 - 0,32) = 0,01; \quad \Delta_{12} = 0,026; \quad \Delta_{22} = 0,094; \quad \Delta_{32} = 0,126;$$

$$\Delta_{42} = 0,006; \quad \Delta_{52} = 0,064; \quad \Delta_{13} = 0,038; \quad \Delta_{23} = 0,058; \quad \Delta_{33} = 0,192;$$

$$\Delta_{43} = 0,008; \quad \Delta_{53} = 0,088; \quad \Delta_{14} = 0,002; \quad \Delta_{24} = 0,008; \quad \Delta_{34} = 0,048;$$

$$\Delta_{44} = 0,102; \quad \Delta_{54} = 0,048;$$

$$D = \begin{vmatrix} 0,090 & 0,050 & 0,270 & 0,120 & 0,010 \\ 0,026 & 0,094 & 0,126 & 0,006 & 0,064 \\ 0,038 & 0,058 & 0,192 & 0,008 & 0,088 \\ 0,002 & 0,008 & 0,048 & 0,102 & 0,048 \end{vmatrix}$$

Обчислені середні відхилення оцінок кожного експерта по всім ознакам пошкодження від середнього значення оцінок групи мають наступні значення згідно виду (2.4):

$$\overline{\Delta_1} = (0,090 + 0,026 + 0,038 + 0,002) / 4 = 0,039;$$

$$\begin{aligned}\overline{\Delta_2} &= (0,050 + 0,094 + 0,058 + 0,008) / 4 = 0,053; \\ \overline{\Delta_3} &= (0,270 + 0,126 + 0,192 + 0,048) / 4 = 0,159; \\ \overline{\Delta_4} &= (0,120 + 0,006 + 0,008 + 0,102) / 4 = 0,059; \\ \overline{\Delta_5} &= (0,010 + 0,064 + 0,088 + 0,048) / 4 = 0,052.\end{aligned}$$

В результаті встановлена матриця – рядок згідно виду (2.5):

$$\overline{D} = |0,039 \ 0,053 \ 0,159 \ 0,059 \ 0,052|.$$

Аналіз отриманих результатів дозволяє скласти кортеж компетентності експертів згідно виду (2.6): $\overline{D}^* = \langle 1,5,2,4,3 \rangle$.

Проведені експертами ранжування ознак пошкодження по важливості та значення вагових коефіцієнтів ознак пошкодження a_j представлені в табл. 2.3 згідно виду (2.7–2.9).

Таблиця 2.3

Результати ранжування ознак пошкодження експертами та значення вагових коефіцієнтів

Номер ознаку пошкодження	Умовні позначення ознаку пошкодження	Номер експерта					Вагові коефіцієнти
		1	5	2	4	3	
1	m_1	5	5	5	5	1	0,350
2	m_2	4	4	4	4	2	0,300
3	m_3	1	2	1	2	2	0,133
4	m_4	3	1	3	3	3	0,217

При оцінці ступеню узгодженості думок експертів були використані залежності четвертого етапу. Результати розрахунків зведені в табл. 2.4 згідно виду (2.10–2.13).

Оскільки ні один із експертів не поставив двом або більше ознакам пошкодження однакові ранги, то для знаходження коефіцієнта впевненості використовуємо вираз згідно виду (2.13):

Таблиця 2.4

Оцінка ступеню узгодженості експертів

Номер ознаку пошкодження	Умовні позначення ознаку пошкодження	Номер експерта					Сума рангів	Відхилення суми рангів	Квадрат відхилення
		1	5	2	4	3			
1	m_1	5	5	5	5	1	21	9	81
2	m_2	4	4	4	4	2	18	6	36
3	m_3	1	2	1	2	2	8	- 4	16
4	m_4	3	1	3	3	3	13	1	1
Середня сума рангів							12		
Сума квадратів відхилень									134

$$F = 12 * 134 / 5^2 * (4^3 - 4) = 1608 / 1500 = 1,072.$$

Так як $F > 0,5$, то існує достатня узгодженість між експертами і отримані результати приймаються в якості кінцевих.

Основні ознаки пошкодження приймають кількісну оцінку: *тріщина в цоколі фундаменту* = 0,35; *тріщина в стіні фасаду* = 0,3; *тріщина в плиті перекриття* = 0,133; *тріщина в залізобетонних балках даху* = 0,217.

Таким чином, при такому підході з'являється можливість отримання результатів ознак пошкодження при різних варіантах і при різних ознаках і співставлення результатів заданими спочатку.

Це дозволяє вести процес спостереження та своєчасно приймати необхідні рішення щодо безпечної та надійної експлуатації будівельних конструкцій і споруд, враховуючи результати обстеження.

Список використаних джерел

1. Інтелектуальна інформаційна технологія діагностики технічного стану будівель [Текст] : монографія /В.М. Михайленко, О.О. Терентьев, М.І. Цюцюра // – К: ЦП «Компринт», 2015. – С. 162.

2. Моделі і методи системи діагностики технічного стану будівель [Текст] : монографія /А.О. Білощицький, П.Є. Григоровський, О.О. Терентьев // – К: ЦП «Компринт», 2015. – С. 232.

3. Терентьев О.О. Моделі визначення фізичного зношення конструктивних елементів будівлі для задач діагностики технічного стану / Баліна О.І., Шабала Є.Є.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 26/2016, КНУБА, 2016. – С. 153-157.

4. Терентьев О.О. Побудова діагностичних моделей основних конструкцій будівель /Шабала Є.Є., Баліна О.І., Доля О.В.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 28/2016, КНУБА, 2016. – С. 155-159.

5. Михайленко В.М. Аналіз сучасних інформаційних методів системи діагностики технічного стану будівель /Терентьев О.О., Шабала Є.Є.// – К.: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 29/2017, КНУБА, 2017. – С. 136-143.

6. Інтегровані моделі і методи автоматизованої системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва [Текст] : монографія /В.М. Михайленко, П.Є. Григоровський, І.В. Русан, О.О. Терентьев // – К: ЦП «Компринт», 2017. – С. 229.

7. Моделі, методи та інформаційна технологія діагностики технічного стану будівельних конструкцій і споруд [Текст] : монографія /В.М. Михайленко, О.О. Терентьев, Є.Є. Шабала, К.І. Київська, Є.В. Горбатюк // – К: ЦП «Компринт», 2017. – С. 161.

9. Інтегровані моделі, які забезпечують прогнозування надійності прийняття рішень для задачі системи діагностики технічного стану будівель /Терентьев О.О., Шабала Є.Є., Саченко І.А.// – К.: Управління

розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 32/2017, КНУБА, 2017. С. 76-80.

10. Моделі та методи інформаційної системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва. Підручник /В.М. Михайленко, І.В. Русан, П.Є. Григоровський, О.О. Терент'єв, А.Т. Свідерський, Є.В. Горбатюк. – К.: Компрінт, 2018. – 325 с.:іл.

11. Olexander Terentyev The Method of Direct Grading and the Generalized Method of Assessment of Buildings Technical Condition /Mykola Tsiutsiura// – International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 4 Issue 7, July 2015. – P. 827-829.

12. Olexander Terentyev The Method of Prediction of Deformations of Buildings and Failure Analysis the Examination of Technical Condition of Buildings /Malyna Bohdan// – International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 4 Issue 8, August 2015. – P. 280-282.

13. Olexander Terentyev Methodology a comprehensive survey and assessment of technical condition of staircases – Scientific Journal «ScienceRise», Volume 8/2(13), August 2015. – P. 41-46.

14. Svitlana Tsiutsiura The Method of Assessing Risk Management at Various Stages of the Life Cycle for the Problem of Diagnostics of Technical Condition of Buildings /Olexander Terentyev// – International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 4 Issue 9, September 2015. – P. 588-590.

15. Olexander Terentyev Mathematical model of the system of decision support for problem diagnostics of technical condition of building constructions – Scientific Journal «ScienceRise» №9/2(14), September 2015. – P. 35-40.

16. Olexander Terentyev Development of models and methods for determining the physical deterioration of items for the task of diagnostics of technical condition of buildings and structures /Olexander Poltorak// – Scientific Journal «ScienceRise» №8/2(25), August 2016. – P. 14-19.

17. Olexander Terentyev Risk assessment of delayed damage diagnostics of technical condition of building structures /Olexander Poltorak// – Scientific Journal «ScienceRise» №2(31), February 2017. – P. 42-45.

Навчально-методичне видання

**МЕТОДИ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК
В СИСТЕМАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

*Методичні вказівки до виконання практичних робіт
спеціальності: 122. «Комп'ютерні науки»,
126. «Інформаційні системи та технології»*

Укладачі: **Терентьєв** Олександр Олександрович