

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ
ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ**

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

Київ 2020

УДК 69:002;72.025;721

ББК 30.2-5-05

М79

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

Рецензент С.В. Цюцюра, докт., техн., наук, професор

Відповідальний за випуск В.М. Міхайленко, докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики

Затверджено на засіданні кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, протокол №9 від 02 березня 2020 року.

М79

Інтелектуальні інформаційні системи і технології діагностики технічного стану будівель: Методичні вказівки до виконання практичних робіт /Уклад. О.О. Терентьєв.– К.: КНУБА, 2020. – 50 с.

ВСТУП

Методичні вказівки до виконання практичних робіт є логічним продовженням лекційного курсу з дисципліни "Інтелектуальні інформаційні системи і технології діагностики технічного стану будівель" і сполучною ланкою для переходу від виконання навчальних завдань до проведення самостійної роботи по реальній тематиці.

Метою є розробка інтегрованих моделей та методів автоматизованої системи діагностики технічного стану будівель, що дозволить підвищити ефективність процесу обстеження і 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 запропоновано методологічні засади побудови інформаційної системи діагностики технічного стану будівель та обґрунтування ефективності технологій інструментального визначення параметрів будівель, споруд і території забудови на всіх етапах їх життєвого циклу, які розглядаються з позиції стратегічного інформаційного менеджменту; проведена, з позиції системного підходу, формалізація процесів зношення конструкцій будівель, що дозволяє створення ефективного і надійного аналітичного апарату моніторингу технічного стану та діагностики майбутніх станів у процесі їх надійної і безпечної експлуатації; побудовані, з використанням апарату нечітких множин, моделі і методи моніторингу певного технічного стану будівель; отримало подальший розвиток інформаційна технологія системи підтримки прийняття рішень, яка базується на потужних щодо інтелектуалізації аналітичних засобах, які дозволяють експертам приймати більш правдоподібні оцінки та управлінські рішення.

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.

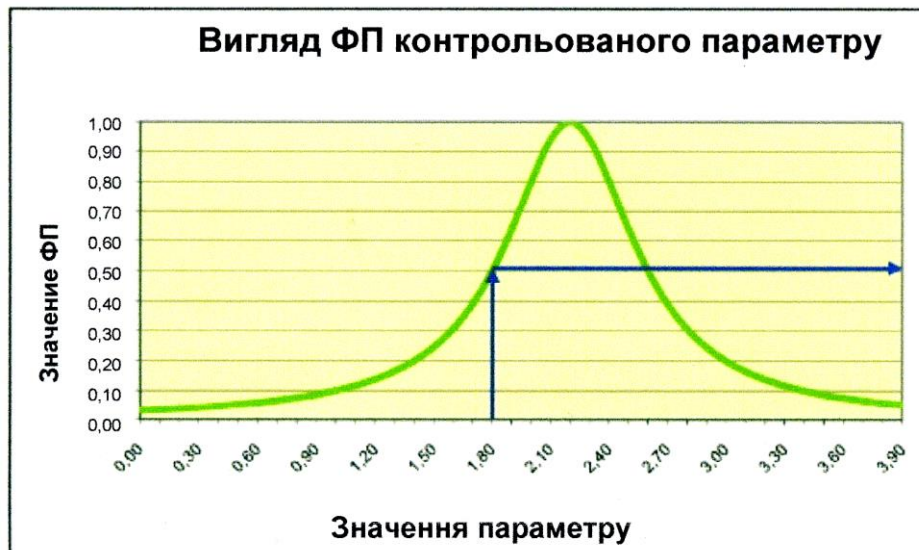


Рис. 1.2 Вид ФП для значення параметру стану «залишковий ресурс»



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.

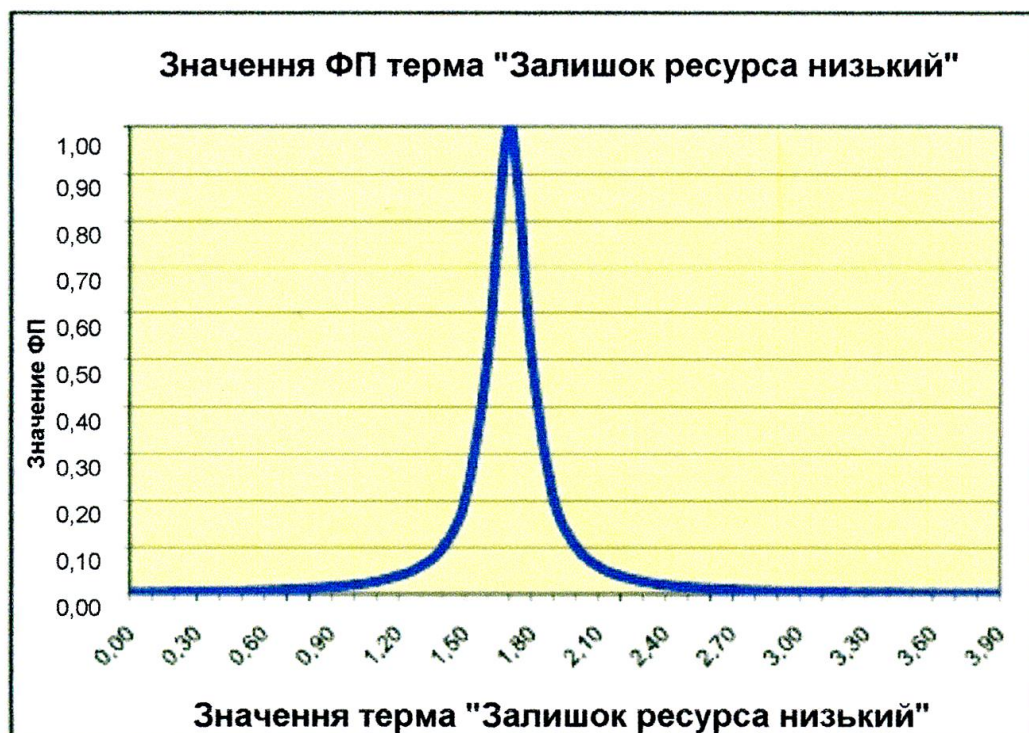


Рис. 1.4 Вигляд ФП для значення q_f терма «залишковий ресурс низький»

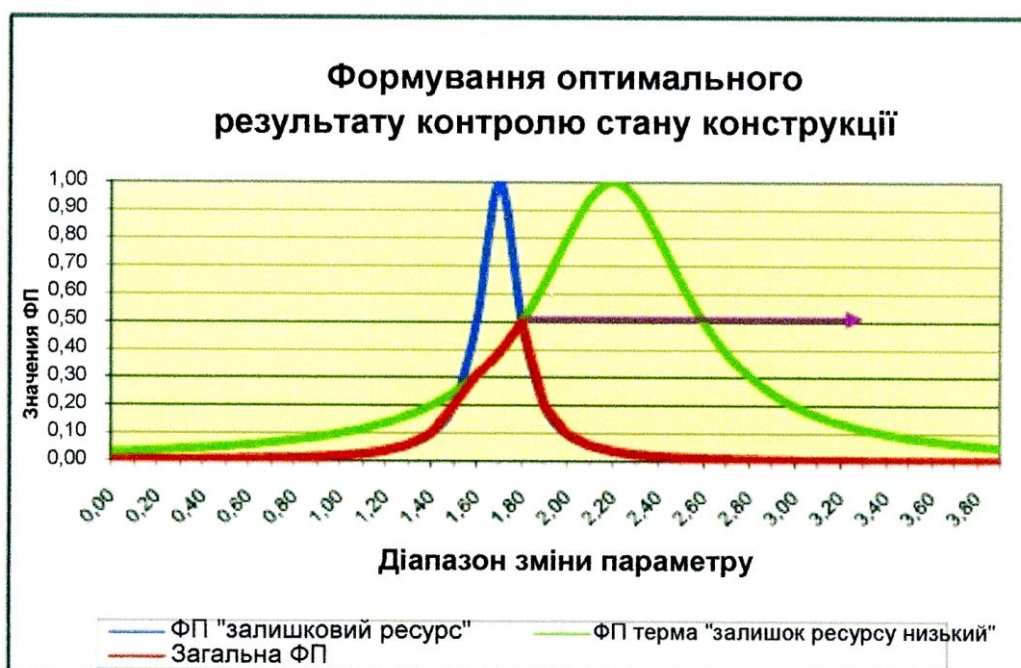


Рис. 1.5 Вигляд ФП для оцінки стану конструкції при нечіткому контролі

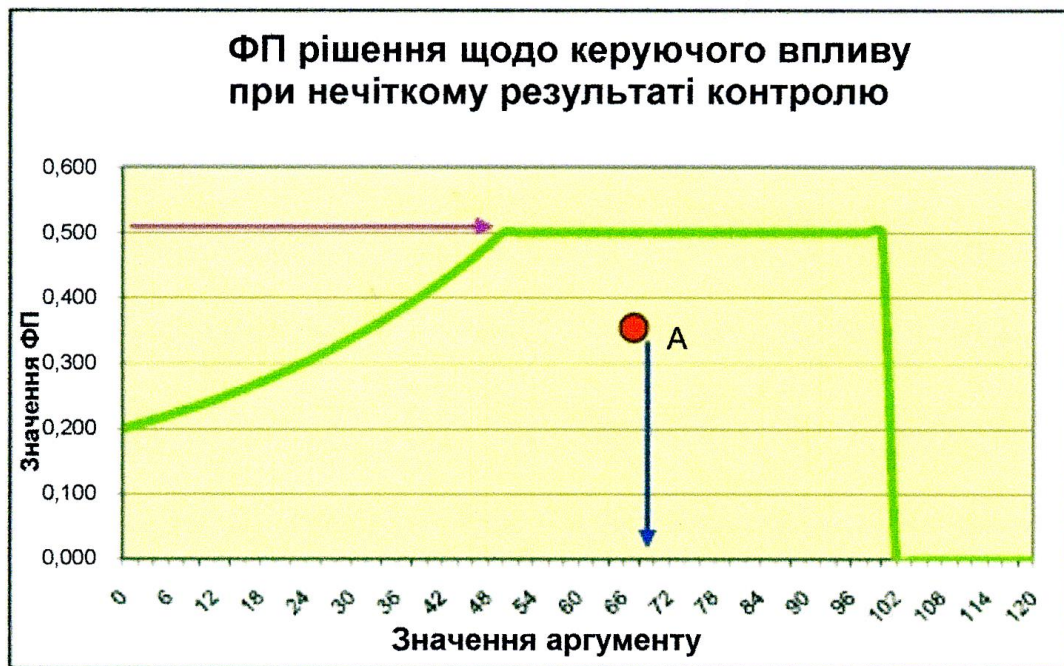


Рис. 1.6 Вигляд підсумкової ФП для прийняття рішення по управлінню за технічним станом конструкцій при нечіткому контролі

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, МЕТОДИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

2.1. 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 оцінки 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:

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

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

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

- 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:

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

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

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 прийmemo ці ознаки пошкодження в якості основних.

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

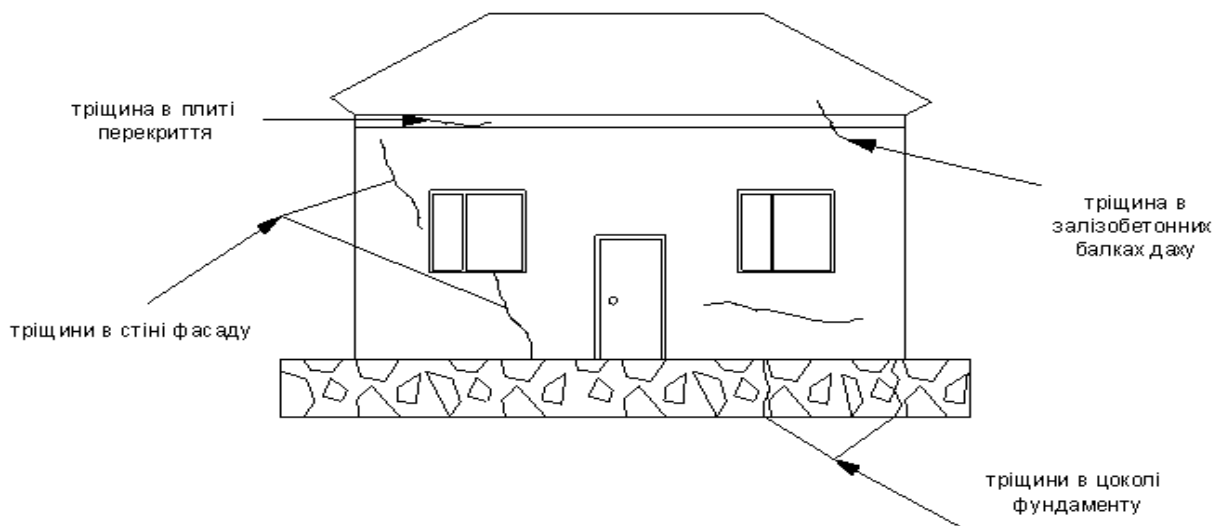


Рис. 2.1 Зовнішній вигляд будівлі, виявленні ознаки пошкодження

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):

$$\begin{aligned} Y_1 &= | 0,41 \quad 0,37 \quad 0,05 \quad 0,44 \quad 0,33 | ; \\ Y_2 &= | 0,21 \quad 0,33 \quad 0,11 \quad 0,23 \quad 0,30 | ; \\ Y_3 &= | 0,10 \quad 0,08 \quad 0,33 \quad 0,13 \quad 0,05 | ; \\ Y_4 &= | 0,16 \quad 0,17 \quad 0,21 \quad 0,06 \quad 0,21 | ; \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} A_1 &= (0,41 + 0,37 + 0,05 + 0,44 + 0,33)/5 = 0,320; \\ A_2 &= (0,21 + 0,33 + 0,11 + 0,23 + 0,30)/5 = 0,236; \\ A_3 &= (0,10 + 0,08 + 0,33 + 0,13 + 0,05)/5 = 0,138; \\ A_4 &= (0,16 + 0,17 + 0,21 + 0,06 + 0,21)/5 = 0,162. \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \Delta_{11} &= (0,41 - 0,32) = 0,09; \quad \Delta_{21} = (0,37 - 0,32) = 0,05; \\ \Delta_{31} &= (0,05 - 0,32) = 0,27; \quad \Delta_{41} = (0,44 - 0,32) = 0,12; \\ \Delta_{51} &= (0,33 - 0,32) = 0,01; \quad \Delta_{12} = 0,026; \quad \Delta_{22} = 0,094; \quad \Delta_{32} = 0,126; \\ \Delta_{42} &= 0,006; \quad \Delta_{52} = 0,064; \quad \Delta_{13} = 0,038; \quad \Delta_{23} = 0,058; \quad \Delta_{33} = 0,192; \\ \Delta_{43} &= 0,008; \quad \Delta_{53} = 0,088; \quad \Delta_{14} = 0,002; \quad \Delta_{24} = 0,008; \quad \Delta_{34} = 0,048; \\ \Delta_{44} &= 0,102; \quad \Delta_{54} = 0,048; \end{aligned}$$

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

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.

РОЗДІЛ 3. ІНТЕГРОВАНІ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНОГО ЗНОШЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ

Під час експлуатації конструктивні елементи та інженерне обладнання будівель під впливом природних умов і діяльності людини поступово втрачають свої експлуатаційні якості.

Протягом часу відбувається зниження міцності, стійкості, погіршуються тепло- та звукоізоляційні, водо- і повітронепроникні якості.

Це явище називається фізичним (матеріальним, технічним) зношенням і визначається у відносних величинах і у вартісному вираженні.

Для технічної характеристики стану окремих конструкцій будівлі виникає необхідність визначити фізичний знос будівлі.

Фізичний знос – величина, що характеризує ступінь погіршення технічних і пов'язаних з ними інших експлуатаційних показників будівлі в певний момент часу, в результаті чого відбувається зниження вартості конструкції будівлі.

Основними причинами фізичного зносу є вплив природних факторів, а також технологічних процесів, пов'язаних з використанням будівлі.

Відсоток зносу будівель визначають термінами служби або фактичному стану конструкцій, користуючись правилами оцінки фізичного зносу, де в таблицях встановлюються ознаки зносу, кількісна оцінка і визначається фізичний знос конструкцій і систем у відсотках.

Фізичний знос встановлюють:

- на підставі візуального та інструментального обстеження конструктивних елементів та визначення відсотка втрати їх експлуатаційних властивостей внаслідок фізичного зносу за допомогою таблиць;
- експертним шляхом з оцінкою залишкового терміну служби;
- розрахунковим шляхом;
- інженерним обстеженням будівель з визначенням вартості робіт, необхідних для відновлення експлуатаційних властивостей.

Фізичний знос визначається методом складання величин фізичного зносу окремих елементів будівлі: фундаментів, стін, перекриттів, даху, покрівлі, підлоги, віконних і дверних пристроїв, оздоблювальних робіт, внутрішніх санітарно-технічних і електротехнічних пристроїв інших елементів.

Для визначення фізичного зносу конструкцій обстежують їх окремі ділянки, що мають різну ступінь зносу.

Метод визначення фізичного зносу на основі інженерного дослідження передбачає інструментальний контроль стану елементів будівель та визначення ступеню втрати їх експлуатацією властивостей.

Оцінки фізичного зносу за методом співставлення фактичних і нормативних термінів служби представляє лінійну залежність зносу від строків служби, що не відповідає дійсній закономірності фізичних процесів, супроводжуваних фізичний знос елементів будівель. Тому необхідно проводити інженерне обстеження для об'єктивної оцінки фізичного зносу.

Спостереження за конструкціями показують, що в перший період експлуатації – період припрацювання, коли конструкція нова, знос слабкіше, а до третього періоду – до кінця терміну служби – інтенсивність зносу зростає.

Конструкція, знос якої за 100 років служби складе 75 %, до кінця терміну служби зношується в півтора рази більше (45 %), ніж в першому періоді (30 %).

Під фізичним зношення окремих конструктивних елементів та інженерних систем встановлюють знос будівлі в цілому.

При виконанні капітального ремонту фізичний знос частково ліквідується, а вартість будівлі збільшується.

При капітальному ремонті будівель в конструкціях фізичний знос усувається, а в незмінних – тільки зменшується, так як незмінні конструкції з фізичного зносу ремонтуватися не можуть, а що проводяться в них ремонтні роботи носять відновлений характер.

В основу нормативних документів з визначення величини фізичного зносу покладено співвідношення фізичного зносу і вартості необхідного на відновлення ремонту. В результаті капітального і поточного ремонтів темпи зростання фізичного зносу знижуються. Знос будівель відбувається найбільш інтенсивно в перші 20–30 років і після 90–100 років.

На розвиток фізичного зношення впливають такі фактори, як обсяг і характер капітального ремонту, планування будівлі, щільність заселення, якість робіт при капітальному ремонті, санітарно-гігієнічні чинники (інсоляція, аерація), періоди експлуатації, рівень змісту і поточного ремонту.

Фізичне зношення конструкцій, елемента або системи, що мають різну ступінь зношення окремих ділянок, потрібно визначати за формулою:

$$\Phi_K = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i * \frac{P_i}{P_K} \quad (3.1),$$

де Φ_K – фізичне зношення конструкції, елемента або системи; %,

Φ_i – фізичне зношення ділянки конструкції, елемента або системи, визначений за допомогою бази даних,

P_i – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки; м² або м,

P_K – розміри всієї конструкції; м² або м,

n – кількість пошкоджених ділянок.

Фізичне зношення будівлі потрібно визначати за формулою:

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i * l_i \quad (3.2),$$

де Φ_3 – фізичне зношення будівлі; %,

Φ_i – фізичне зношення ділянки конструкції, елемента або системи, визначений за допомогою бази даних,

l_i – коефіцієнт, що відповідає частці відновлюваної вартості окремої конструкції, елемента або системи в загальній відновлюваній вартості будівлі,

n – кількість окремих конструкцій, елементів або систем в будівлі.

Частки відновлюваної вартості окремих конструкцій, елементів і систем в загальній відновлюваній вартості будівлі потрібно приймати по показникам відновлюваної вартості будівель, затверджених в встановленому порядку, а для конструкцій, елементів і систем, що не мають затверджених показників – по їх кошторисній вартості.

Для пошарових конструкцій – стін і покриття потрібно приймати системи подвійної оцінки фізичного зношення, по технічному стану і терміну служби конструкції. За кінцеву оцінку фізичного зношення потрібно приймати більше значення.

Фізичне зношення пошарових конструкцій за терміном служби потрібно визначати за формулою:

$$\Phi_c = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i * K_i \quad (3.3),$$

де Φ_c – фізичне зношення пошарової конструкції; %,

Φ_i – фізичне зношення матеріалу шару,

K_i – коефіцієнт, що визначається як відношення вартості матеріалу шару до вартості всієї конструкції,

n – кількість шарів.

Основою методики оцінки технічного стану будівель є візуальне розбиття будь-якої будівлі на 4 частини: головний фасад; правий фасад; лівий фасад; дворовий фасад.

Всі експерти групують виявлені дефекти по кожному конструктивному елементу будівлі по фасадна, визначають їх процент

фізичного зношення, а також розміри пошкодженої частини в загальному обсязі конструкції.

Нерідко трапляються випадки коли будівлі характерні певні закономірні пошкодження, які поширені по більшості фасадам, це набагато спрощує процес визначення технічного стану будівлі, а також дає можливість виявити причини і наслідки їх виникнення. Також можлива наявність різних за характером пошкоджень, тоді доцільне провести аналіз і визначити вагу пошкодження в загальному об'ємі конструкції.

На рис. 3.1, 3.2 наведено приклади пошкоджень і дефектів основних конструктивних елементів будівлі:

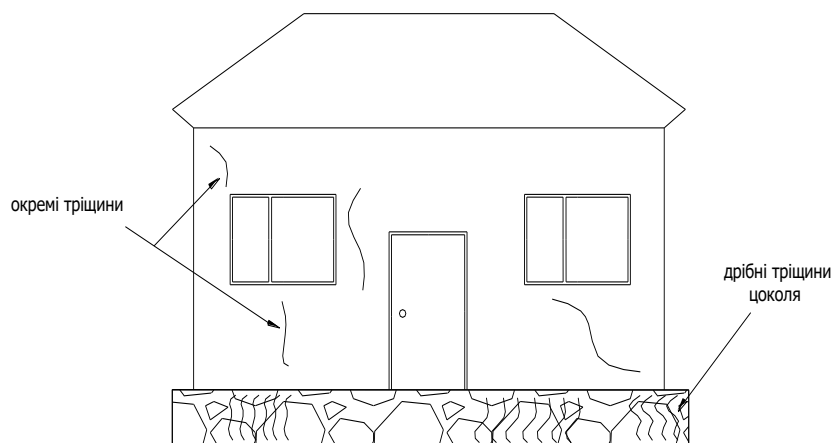


Рис. 3.1 Пошкодження головного фасаду будівлі

Так як обстеженню підлягають будівлі, то характер пошкодження різнитиметься в залежності від виду будівлі (рис. 3.3).

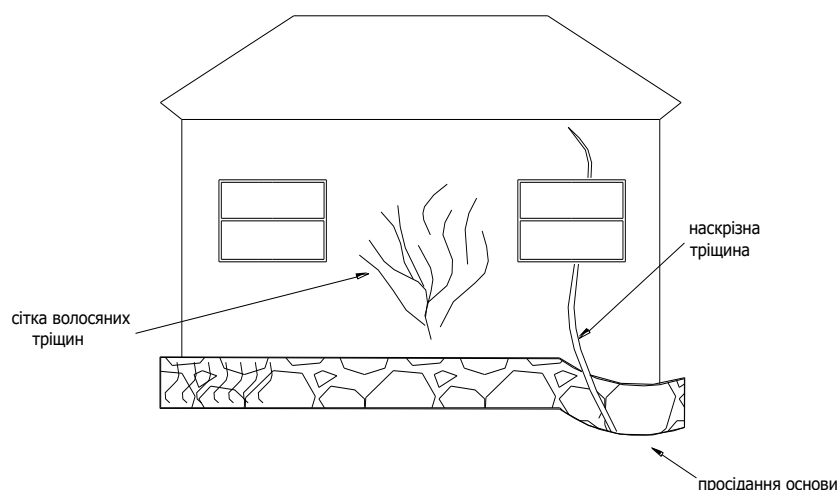


Рис. 3.2 Пошкодження правого бокового фасаду будівлі
Фізичне зношення, %

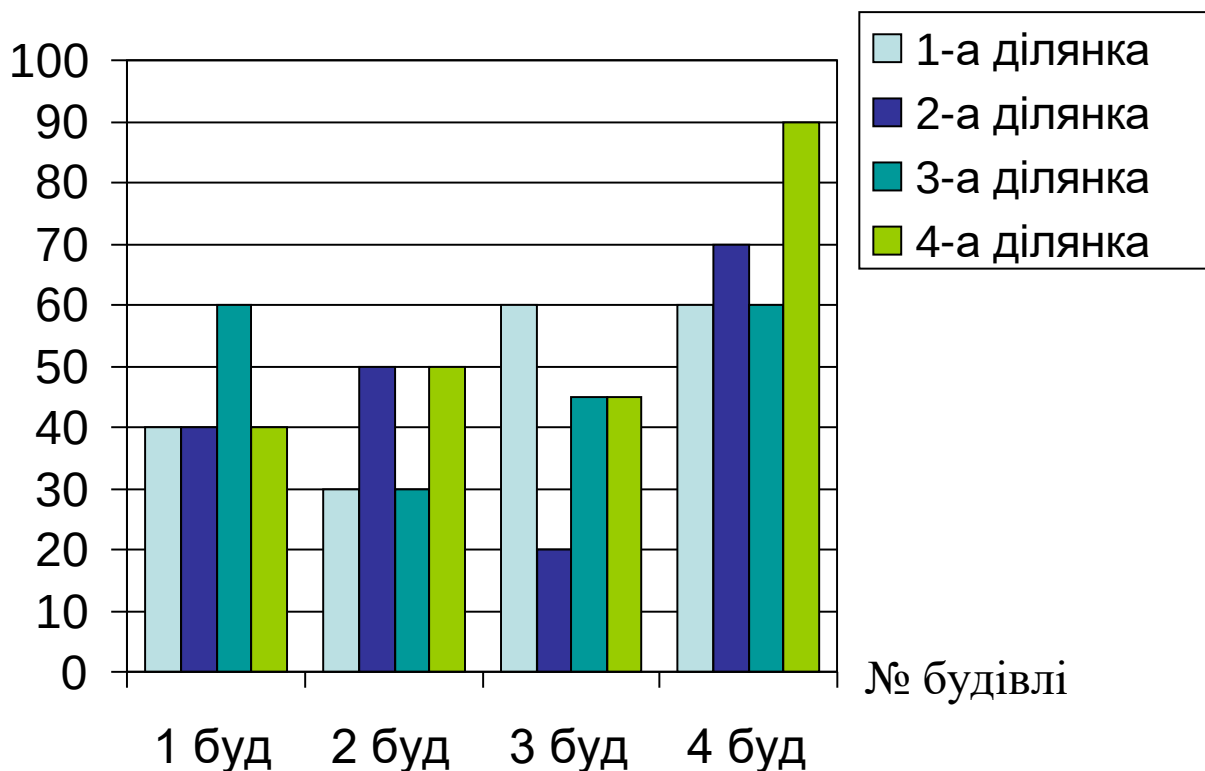


Рис. 3.3 Діаграма фізичного зношення окремих ділянок будівлі

Кожен експерт самостійно визначає величину фізичного зношення того чи іншого пошкодження будівлі. Так як кількість експертних оцінок буває різною, то середнє зношення конструкцій визначається за допомогою “методу безпосереднього оцінювання”. Далі це значення перевіряють на належність до певних інтервалів фізичного зношення, що відповідають одному із 4-ох категорій технічного стану будівель.

Фундаменти

Експерти	Ознаки зношення	№ ділянки	Розмір пошкодженої ділянки, %	Фізичне зношення діляноків елемента, %	Визначення середньо зваж. значення фіз. зношення ділянки, %	Частка фіз. зношення ділянки в загальному фіз. зношенні елемента, %	
1	Міlkі тріщини в цоколі	1,2,3	75	10	$75/100 \cdot 10$	7	19
	Помітне скривлення цоколя, наскрізні тріщини із розвитком на всю висоту	4	25	48	$25/100 \cdot 48$	12	
2	Міlkі тріщини в цоколі	1,2,3	75	15	$75/100 \cdot 15$	11	22
	Помітне скривлення цоколя, наскрізні тріщини із розвитком на всю висоту	4	25	44	$25/100 \cdot 44$	11	
3	Міlkі тріщини в цоколі	1,2,3	75	18	$75/100 \cdot 18$	12,25	26
	Помітне скривлення цоколя, наскрізні тріщини із розвитком на всю висоту	4	25	55	$25/100 \cdot 55$	13,75	

Визначаємо фізичне зношення фундаменту за наступною формулою:

$$\Phi_f = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,f} * \frac{P_{i,f}}{P_f} \quad (3.4),$$

де Φ_f – фізичне зношення фундаменту; %,

$\Phi_{i,f}$ – фізичне зношення ділянки фундаменту, визначене експертом за допомогою бази даних,

$P_{i,f}$ – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки фундаменту; м² або м,

P_f – розмір всієї конструкції; м² або м,

n – кількість пошкоджених ділянок.

Стіни

Експерти	Ознаки зношення	№ ділянки	Розмір пошкодженої ділянки, %	Фізичне зношення діляноків елемента, %	Визначення середньо зваж. значення фіз. зношення ділянки, %	Частка фіз. зношення ділянки в загальному фіз. зношенні елемента, %	
1	Тріщини та відпадання штукатурки, вивітрювання швів	1,2	50	25	50/100*25	12,5	32
	Масове відпадання штукатурки, послаблення цегляної кладки	3,4	50	39	50/100*39	19,5	
2	Тріщини та відпадання штукатурки, вивітрювання швів	1,2	50	22	50/100*22	11	27
	Масове відпадання штукатурки, послаблення цегляної кладки	3,4	50	32	50/100*32	16	
3	Тріщини та відпадання штукатурки, вивітрювання швів	1,2	50	26	50/100*26	13	30
	Масове відпадання штукатурки, послаблення цегляної кладки	3, 4	50	34	50/100*34	17	

Визначаємо фізичне зношення стін за наступною формулою:

$$\Phi_s = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,s} * \frac{P_{i,s}}{P_s} \quad (3.5),$$

де Φ_s – фізичне зношення стін; %,

$\Phi_{i,s}$ – фізичне зношення ділянки стін, визначене експертом за допомогою бази даних,

$P_{i,s}$ – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки стін; м² або м,

P_s – розмір всієї конструкції; м² або м,

n – кількість пошкоджених ділянок.

Перекриття

Експерти	Ознаки зношення	№ ділянки	Розмір пошкодженої ділянки, %	Фізичне зношення ділянок елемента, %	Визначення середньо зваж. значення фіз. зношення ділянки, %	Частка фіз. зношення ділянки в загальному фіз. зношенні елемента, %	
1	Тріщини в місцях стику балок з несущими стінами	1,2	65	48	65/100*48	31	48
	Глибокі тріщини перекриття, наявність часових кріплень	3,4	35	52	35/100*52	17	
2	Тріщини в місцях стику балок з несущими стінами	1,2	65	41	65/100*41	26	45
	Глибокі тріщини перекриття, наявність часових кріплень	3,4	35	55	35/100*55	19	
3	Тріщини в місцях стику балок з несущими стінами	1,2	65	49	65/100*49	32	53
	Глибокі тріщини перекриття, наявність часових кріплень	3, 4	35	58	35/100*58	21	

Визначаємо фізичне зношення перекриття за наступною формулою:

$$\Phi_{pr} = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,pr} * \frac{P_{i,pr}}{P_{pr}} \quad (3.6),$$

де Φ_{pr} – фізичне зношення перекриття; %,

$\Phi_{i,pr}$ – фізичне зношення ділянки перекриття, визначене експертом за допомогою бази даних,

$P_{i,pr}$ – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки перекриття; м² або м,

P_{pr} – розмір всієї конструкції; м² або м,

n – кількість пошкоджених ділянок.

Дах

Експерти	Ознаки зношення	№ ділянки	Розмір пошкодженої ділянки, %	Фізичне зношення ділянок елемента, %	Визначення середньо зваж. значення фіз. зношення ділянки, %	Частка фіз. зношення ділянки в загальному фіз. зношенні елемента, %	
1	Мілке пошкодження дерев'яних деталей	1	40	15	40/100*15	6	29
	Тріщини в цегляних стовпчиках	2,3	50	35	50/100*35	17,5	
	Протікання даху	4	10	55	10/100*55	5,5	
2	Мілке пошкодження дерев'яних деталей	1	40	8	40/100*8	3	18
	Тріщини в цегляних стовпчиках	2,3	50	22	50/100*22	11	
	Протікання даху	4	10	42	10/100*42	4	
3	Мілке пошкодження дерев'яних деталей	1	40	10	40/100*10	4	25
	Тріщини в цегляних стовпчиках	2,3	50	30	50/100*30	15	
	Протікання даху	4	10	60	10/100*60	6	

Визначаємо фізичне зношення даху за наступною формулою:

$$\Phi_d = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,d} * \frac{P_{i,d}}{P_d} \quad (3.7),$$

де Φ_d – фізичне зношення даху; %,

$\Phi_{i,d}$ – фізичне зношення ділянки даху, визначене експертом за допомогою бази даних,

$P_{i,d}$ – розміри (площа або довжина) пошкодженої ділянки даху; м² або м,

P_d – розмір всієї конструкції; м² або м,

n – кількість пошкоджених ділянок.

Покрівля

Експерти	Ознаки зношення	№ ділянки	Розмір пошкодженої ділянки, %	Фізичне зношення ділянок елемента, %	Визначення середньо зваж. значення фіз. зношення ділянки, %	Частка фіз. зношення ділянки в загальному фіз. зношенні елемента, %	
1	Послаблення кріплення азбестоцементних листів	1	25	16	25/100*16	4	46
	Відсутність окремих листів, сколи і тріщини	2,3,4	75	56	75/100*56	42	
2	Послаблення кріплення азбестоцементних листів	1	25	12	25/100*12	3	39
	Відсутність окремих листів, сколи і тріщини	2,3,4	75	48	75/100*48	36	
3	Послаблення кріплення азбестоцементних листів	1	25	20	25/100*20	5	44
	Відсутність окремих листів, сколи і тріщини	2,3,4	75	52	75/100*52	39	

Визначаємо фізичне зношення покрівлі за наступною формулою:

$$\Phi_p = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{i,p} * \frac{P_{i,p}}{P_p} \quad (3.8),$$

де Φ_p – фізичне зношення покрівлі; %,

$\Phi_{i,p}$ – фізичне зношення ділянки покрівлі, визначене експертом за допомогою бази даних,

$P_{i,p}$ – розміри (площа або довжина) пошкодженої покрівлі; м² або м,

P_p – розмір всієї конструкції; м² або м,

n – кількість пошкоджених ділянок.

Для визначення технічного стану будівлі в цілому потрібно детальніше проаналізувати фізичний стан кожного конструктивного елемента, а також їх вплив на цілісність та міцність самої конструкції. Як відомо, невід'ємною складовою будь-якої будівлі є *фундаменти, стіни, перекриття* – елементи, які сприймають максимальні навантаження і від роботи яких залежатиме стан та довговічність будівлі.

Визначення технічного стану будівель проводиться шляхом спільного порівняння фізичних станів складових конструктивних елементів.

Для цього будемо використовувати логічну операцію “диз’юнкцію”:

$$\begin{aligned} F(ts) \vee S(ts) \vee Pr(ts) \vee D(ts) \vee P(ts) = \\ = \max(F(ts), S(ts), Pr(ts), D(ts), P(ts)) = B(ts) \end{aligned} \quad (3.9),$$

де $F(ts)$ – технічний стан фундаменту;

$S(ts)$ – технічний стан стін;

$Pr(ts)$ – технічний стан перекриття;

$D(ts)$ – технічний стан даху;

$P(ts)$ – технічний стан покриття;

$B(ts)$ – технічний стан будівлі.

Під час виконання операції розглядається технічний стан фундаментів, стін, перекриття, тому їм надається пріоритет, як основним конструктивним елементам будівлі:

$$\begin{aligned} F(3) \vee S(3) \vee Pr(2/3) \vee D(2) \vee P(2) = \\ = \max(F(3), S(3), Pr(2/3), D(2), P(2)) = B(3) \end{aligned} \quad (3.10).$$

Тобто, характер пошкоджень основних конструктивних елементів будівлі, характеризує стан будівлі як непридатний до нормальної експлуатації.

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАНЦЮГІВ ЛОГІЧНОГО ВИВЕДЕННЯ РОБОТИ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДТС БУДІВЕЛЬ

На основі проведеного обстеження, створюються ланцюги логічного виведення по кожному конструктивному елементу будівлі (фундаментів, зовнішніх та внутрішніх стін, конструкцій покриття та перекриття, конструкцій даху та покрівельних матеріалів). Для розв’язання даної задачі експерти самостійно дають імовірнісну оцінку по кожному дефекту конструкцій керуючись власним досвідом.

Результати логічного виводу бази знань представляється у вигляді дерева пошкоджень – ієрархічна класифікація типів пошкоджень.

Кореневий вузол відповідає пошкодженій будівлі, нетермінальні вузли – окремі елементи будівлі, а термінальні – причинами пошкодження.

В ході логічного виводу над фактами, що складають припущення правил, виконуються логічні операції. В результаті цього створюються складні виводи. Метод коефіцієнта впевненості базується на евристичних спостереженнях, які отримані на основі роботи експертів: по – перше, в традиційній теорії ймовірностей сума ймовірностей події та її заперечення дорівнює одиниці; але в практичній діяльності оцінка достовірності події не означає, що ця подія одночасно оцінюються і на хибність; по – друге, знання самих правил більш важливе, ніж знання алгебри для їхнього обчислення.

Міра впевненості – це неформальна оцінка, яку експерт додає до висновку, наприклад: «імовірно, це так», «можливо», «точно», «нічого не можна сказати» і т.ін.

Міра впевненості описує людську (суб'єктивну) оцінку причинної імовірностної міри. Продуктивність системи визначається якістю правил.

Перевагою методу коефіцієнту впевненості, багато в чому полягає у використанні достатньо коротких послідовностей комбінованих правил і використанні достатньо простих гіпотез. До недоліків можна віднести складність визначення у багатьох випадках коефіцієнтів впевненості, відсутність теоретичного обґрунтування результатів.

Сутність нечіткої логіки, що запропонував Л. Заде, від коефіцієнта впевненості полягає у:

- використанні лінгвістичних змінних (замість числових);
- відношенні між змінними, що описуються за допомогою нечітких висловлювань;
- складні відношення визначаються нечіткими алгоритмами.

Коефіцієнт впевненості розраховується за наступними правилами:

1) при логічному зв'язку І між фактами P_1 і P_2 :

$$C(P_1 \wedge P_2) = \text{MIN}(C(P_1), C(P_2)) \quad (4.1);$$

2) при логічному зв'язку АБО між фактами P_1 і P_2 :

$$C(P_1 \vee P_2) = \text{MAX}(C(P_1), C(P_2)) \quad (4.2);$$

Коефіцієнти впевненості приписуються не тільки фактам, але і правилам. Позначимо коефіцієнт впевненості правила через C_r . Коефіцієнт C_r відповідає ступеню правдивості висновку правила при правдивих припущеннях. Якщо припущення характеризуються коефіцієнтом впевненості $C_{пред}=1$, то коефіцієнт впевненості висновку $C_{висн}$ розраховують за формулою:

$$C_{висн} = C_{пред} * C_r \quad (4.3).$$

В основу моделювання ланцюгів логічного виведення по кожному конструктивному елементу закладена в базі правил, що являє собою набір правил по обстеженню будівель. Визначення фізичного стану окремого елементу залежатиме від виконання правилами умов, які закладені в базі правил.

В табл. 4.1 представлена база правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу фундаментів.

Таблиця 1 База правил дефектів експертної системи
для конструктивного елементу фундаментів

Елементи	Формалізований запис	База правил для ланцюгу логічного виведення
1	2	3
Фундаменти	якщо FA і FB то FC	- якщо тріщини вимощення (FA) і відсутність в окремих місцях

	якщо FC і FD то FE	вимощення (FB) то пошкодження вимощення (FC);
	якщо FE і FK і FF то FL	- якщо пошкодження вимощення (FC) і сліди зволоження стін підвальних приміщень (FD) то просідання фундаменту (FE); - якщо просідання фундаменту (FE) і масові наскрізні тріщини на всю висоту будівлі (FK) і випирання ґрунту в підвалі (FF) то осідання будівлі (FL);

Дефекти пошкоджень конструкції фундаментів розглядаються як факти, що створюють припущення правила, тому визначаємо загальний коефіцієнт для фундаментів згідно виду (4.1, 4.2):

$$CF(FA \wedge FB) = \min(0.2; 0.3) = 0.2$$

$$CF((FA \wedge FB) \vee FD) = \max(0.2; 0.4) = 0.4$$

$$CF(((FA \wedge FB) \vee FD) \vee FK \vee FF) = \max(0.4; 0.65; 0.75) = 0.75 \rightarrow CF_{пред}$$

Допускаємо, що коефіцієнт впевненості правила $CF_r = 0.8$, тоді:

$$CF_{висн} = CF_{пред} * CF_r = 0.75 * 0.8 = 0.6$$

На рис. 4.1 представлений ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Фундаменти».

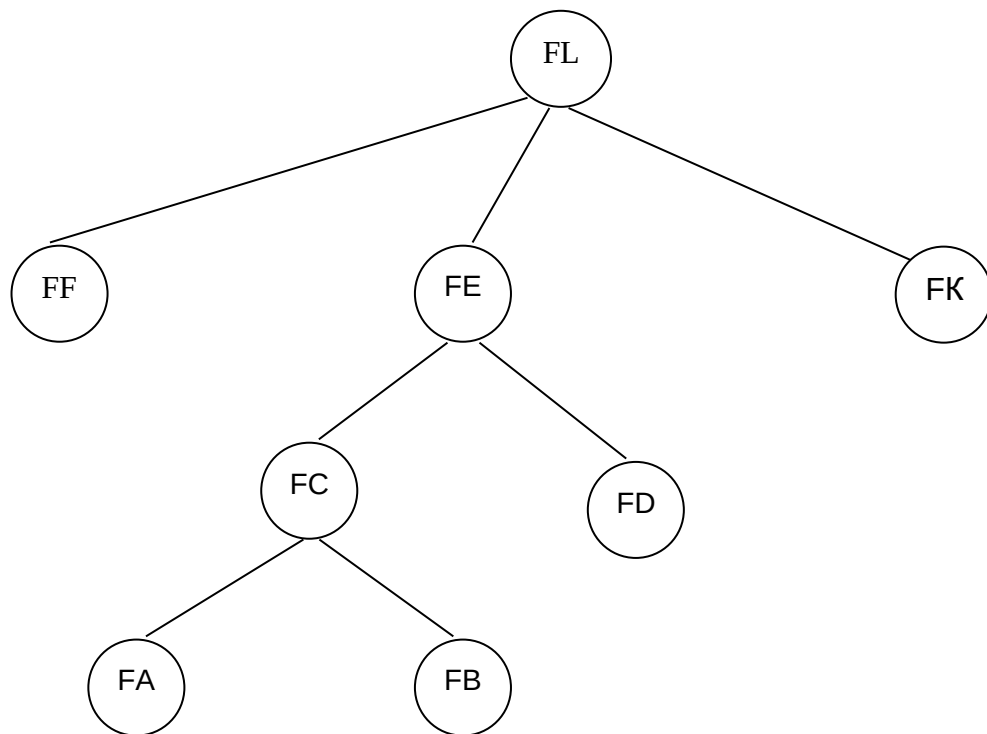


Рис. 4.1 Ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Фундаменти»

В табл. 4.2 представлена база правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу стін.

Таблиця 4.2 База правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу стін

Елементи	Формалізований запис	База правил для ланцюгу логічного виведення
1	2	3
Стіни (зовнішні та внутрішні)	якщо SA і SB то SC	- якщо пошкодження вимощення (SA) і окремі тріщини, вибоїни стін в підвальних приміщеннях (SB) то тріщини фундаменту (SC);
Стіни (зовнішні та внутрішні)	якщо SC і SD то SE якщо SE то SM якщо SF і SK то SL якщо SM і SL і SN то SP якщо SP то SO	- якщо тріщини фундаменту (SC) і сліди зволоження стін підвальних приміщень (SD) то пошкодження фундаменту (SE); - якщо пошкодження фундаменту (SE) то тріщини стін (SM); - якщо відпадиння штукатурного шару стін (SF) і послаблення цегляної кладки стін (SK) то пошкодження стін (SL); - якщо тріщини стін (SM) і пошкодження стін (SL) і осідання будівлі (SN) то будівля непридатна до нормальної експлуатації (категорія III) (SP); - якщо будівля непридатна до нормальної експлуатації (категорія III) (SP) то ремонт будівлі (SO).

Дефекти пошкоджень конструкції стін розглядаються як факти, що створюють припущення правила, тому визначаємо загальний коефіцієнт для стін згідно виду (4.1, 4.2):

$$CS(SA \wedge SB) = \min(0.2; 0.3) = 0.2$$

$$CS((SA \wedge SB) \vee SD) = \max(0.2; 0.4) = 0.4$$

$$CS(SF \vee SK) = \min(0.5; 0.5) = 0.5$$

$$CS(((SA \wedge SB) \vee SD) \vee SE) = \max(0.2; 0.4; 0.4) = 0.4$$

$$CS((((SA \wedge SB) \vee SD) \vee SE) \vee SM) \vee SF \vee SK) \vee SN) = \max(0.4; 0.5; 0.6) = 0.6$$

$$CS(((((((SA \wedge SB) \vee SD) \vee SE) \vee SM) \vee SF \vee SK) \vee SN) \vee SP) = \max(0.6; 0.6) = 0.6 \rightarrow CS_{пред}$$

Допускаємо, що коефіцієнт впевненості правила $CS_r = 0.7$, тоді:

$$CS_{висн} = CS_{пред} * CS_r = 0.6 * 0.7 = 0.42$$

На рис. 4.2 представлений ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Стіни».

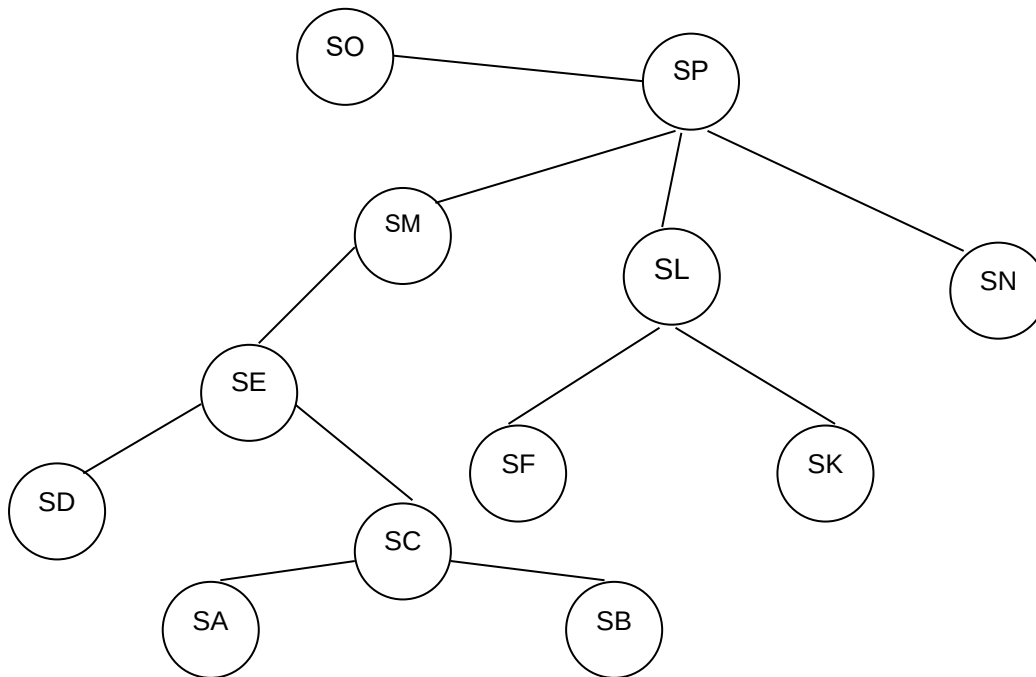


Рис. 4.2 Ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи
для конструктивного елементу «Стіни»

В табл. 4.3 представлена база правил дефектів експертної системи
для конструктивного елементу перекриття.

Таблиця 4.3 База правил дефектів експертної системи
для конструктивного елементу перекриття

Елементи	Формалізований запис	База правил для ланцюгу логічного виведення
1	2	3
Перекриття	якщо PA і PB то PC	- якщо тріщини та відпадиння штукатурного шару стелі (PA) і сліди замокання стелі (PB) то протікання даху (PC);
Перекриття	якщо PD і PE то PF	- якщо ураження верхнього шару деревини грибком (PD) і прогин балок і прогонів (PE) то пошкодження дерев'яного перекриття (PF);

	якщо PC і PF то PK	- якщо протікання даху (PC) і пошкодження дерев'яного перекриття (PF) то перекриття непридатне до нормальної експлуатації (PK);
	якщо PK то PL	- якщо перекриття непридатне до нормальної експлуатації (PK) то провести часткову заміну настилу перекриття III (PL);

Дефекти пошкоджень конструкції перекриття розглядаються як факти, що створюють припущення правила, тому визначаємо загальний коефіцієнт для перекриття згідно виду (4.1, 4.2):

$$CP(PA \wedge PB) = \min(0.2; 0.3) = 0.2$$

$$CP(PD \wedge PE) = \min(0.6; 0.7) = 0.6$$

$$CP((PA \wedge PB) \vee (PD \wedge PE)) = \max(0.2; 0.6) = 0.6$$

$$CP(((PA \wedge PB) \vee (PD \wedge PE)) \vee PK) = \max(0.6; 0.66) = 0.65 \rightarrow CP_{пред}$$

Допускаємо, що коефіцієнт впевненості правила $CP_r = 0.7$, тоді:

$$CP_{висн} = CP_{пред} * CP_r = 0.65 * 0.7 = 0.45$$

На рис. 4.3 представлений ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Перекриття».

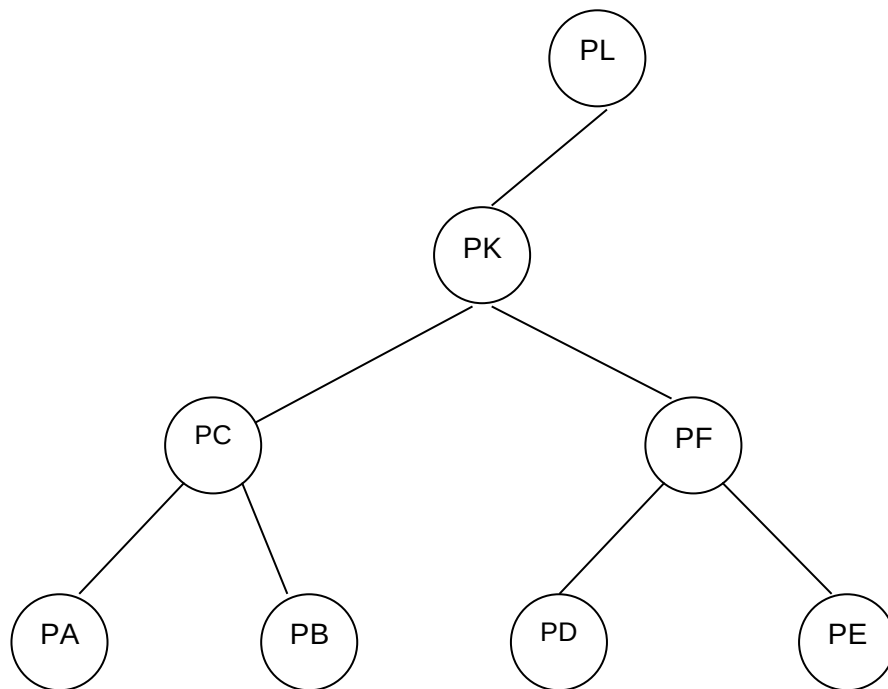


Рис. 4.3 Ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Перекриття»

В табл. 4.4 представлена база правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу даху.

Таблиця 4.4 База правил дефектів експертної системи
для конструктивного елементу даху

Елементи	Формалізований запис	База правил для ланцюгу логічного виведення
1	2	3
Дах	якщо DA і DB то DC	- якщо розтріскування або розсихання дерев'яних фронтонів даху (DA) і ураження гниллю деревини, зволоження (DB) то протікання даху (DC);
Дах	якщо DD і DE то DF якщо DC і DF то DK	- якщо відсутність димаря (DD) і наявність додаткових тимчасових кріплень крокв'яних ніг (DE) то пошкодження даху (DF); - якщо протікання даху (DC) і пошкодження даху (DF) то ремонт даху (DK).

Дефекти пошкоджень конструкції даху розглядається як факти, що створюють припущення правила, тому визначаємо загальний коефіцієнт для даху згідно виду (4.1, 4.2):

$$CD(DA \wedge DB) = \min(0.55; 0.45) = 0.45$$

$$CD(DD \wedge DE) = \min(0.6; 0.6) = 0.6$$

$$CD((DA \wedge DB) \vee (DD \wedge DE)) = \max(0.45; 0.6) = 0.6 \rightarrow CD_{пред}$$

Допускаємо, що коефіцієнт впевненості правила $CD_r = 0.8$, тоді:

$$CD_{висн} = CD_{пред} * CD_r = 0.6 * 0.8 = 0.48$$

На рис. 4.4 представлений ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Дах».

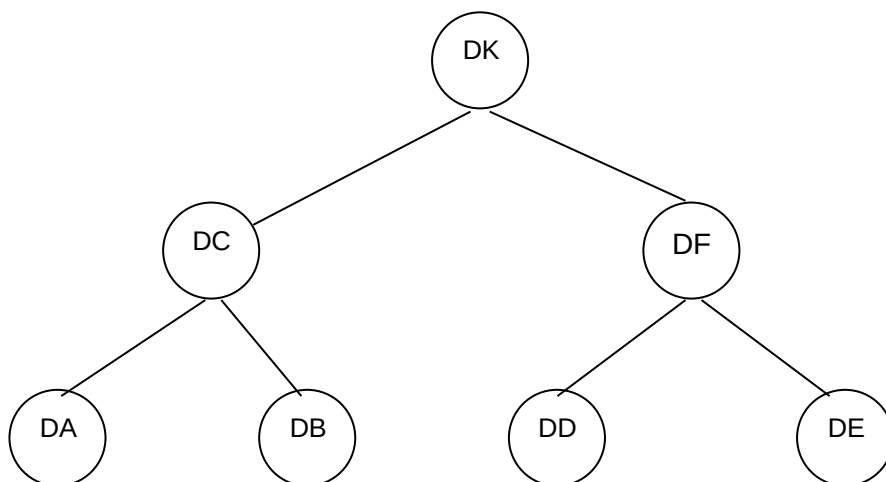


Рис. 4.4 Ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Дах»

В табл. 4.5 представлена база правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу покрівлі.

Таблиця 4.5 База правил дефектів експертної системи для конструктивного елементу покрівлі

Елементи	Формалізований запис	База правил для ланцюгу логічного виведення
1	2	3
Покрівля	якщо КА і KB і KC то KD якщо KE і KD то KF якщо KF то KK	- якщо сколи, вибоїни шиферу (КА) і відсутність на окремих ділянках листів покрівлі (KB) і послаблення кріплень окремих листів шиферу к обрешітці (KC) то пошкодження покрівлі (KD); - якщо пошкодження покрівлі (KD) і відсутність частини настінних жолобів та оброблення (KE) то ремонт елементів покрівлі з частковою або повною заміною листів (KF); - якщо ремонт елементів покрівлі з частковою або повною заміною листів (KF) то покрівля знаходиться в непридатному стані (KK).

Дефекти пошкоджень конструкції розглядаються як факти, що створюють припущення правила, тому визначаємо загальний коефіцієнт для покрівельних матеріалів згідно виду (4.1, 4.2):

$$СК(КА \vee KB \vee KC) = \max(0.4; 0.5; 0.6) = 0.6$$

$$СК((КА \vee KB \vee KC) \vee KE) = \max(0.6; 0.75) = 0.75$$

$$СК(((КА \vee KB \vee KC) \vee KE) \vee KF) = \max(0.75; 0.75) = 0.75 \rightarrow СК_{пред}$$

Допускаємо, що коефіцієнт впевненості правила $СК_r = 0.8$, тоді:

$$СК_{висн} = СК_{пред} * СК_r = 0.75 * 0.8 = 0.6$$

На рис. 4.5 представлений ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Покрівля».

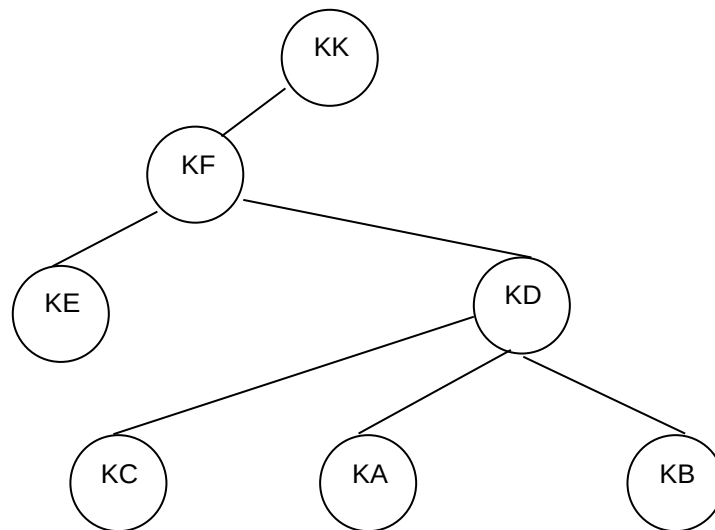


Рис. 4.5 Ланцюг логічного виведення при роботі експертної системи для конструктивного елементу «Покрівля»

Відповідність стану будівлі до коефіцієнта впевненості окремого конструктивного елемента (табл. 4.6):

Таблиця 4.6 Коефіцієнти впевненості нормативного стану

№ п/п	Нормативний стан	Коефіцієнт впевненості
1	2	3
1	II – задовільний	0,00...0,25
2	II/III – задовільний, що межує з непридатним до нормальної експлуатації	0,25...0,50
3	III – непридатний до нормальної експлуатації	0,50...0,75
4	IV – аварійний	0,75...1,00

Таким чином категорія технічного стану кожного конструктивного елемента будівлі, що були розглянуті відповідно до отриманих результатів та представлені в табл. 4.7:

Таблиця 4.7 Категорія технічного стану кожного конструктивного елементу будівлі, що були розглянуті відповідно до отриманих результатів

№ п/п	Конструктивний елемент	Кількісна оцінка дефекту	Категорія технічного стану
1	2	3	4
1	Фундаменти	0,6	3
2	Стіни (зовнішні та внутрішні)	0,42	2/3
3	Перекриття	0,45	2/3
4	Дах	0,48	2/3
5	Покрівля	0,6	3

Згідно проведеного дослідження, зроблений висновок: *характер пошкоджень основних конструктивних елементів будівлі характеризує стан будівлі як непридатний до нормальної експлуатації (категорія III).*

По результатах дослідження можна зробити наступний висновок, що нечіткі системи дозволяють вирішувати задачі інформаційної технології для підтримки прийняття рішень щодо діагностики технічного стану, розробка бази знань експертної системи, дослідження та реалізація на основі апарату нечіткої логіки моделі діагностики технічного стану будівель, розробка та дослідження ланцюгів логічного виведення оцінки дефектів та пошкоджень конструктивних елементів будівлі, які можуть бути основою при обстеженні технічного стану.

РОЗДІЛ 5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ

5.1 Архітектура інформаційної системи тестування нейронної мережі

Для автоматизації процесів оціночної діяльності від збору інформації до прийняття рішення необхідна складна система збереження, підготовки, обробки даних. Архітектури інформаційної системи тестування нейронної мережі представлена на рис. 5.1.

Система передбачає наявність підсистеми збору статистичної інформації, обробки і розподілення даних для штучної нейронної мережі, ядро нейромережевого апроксиматора та додатки експертів-оцінювачів для управління. СУБД інформаційної системи має клієнт-серверну архітектуру для забезпечення роботи декількох експертів одночасно, представлено на рис. 5.2.

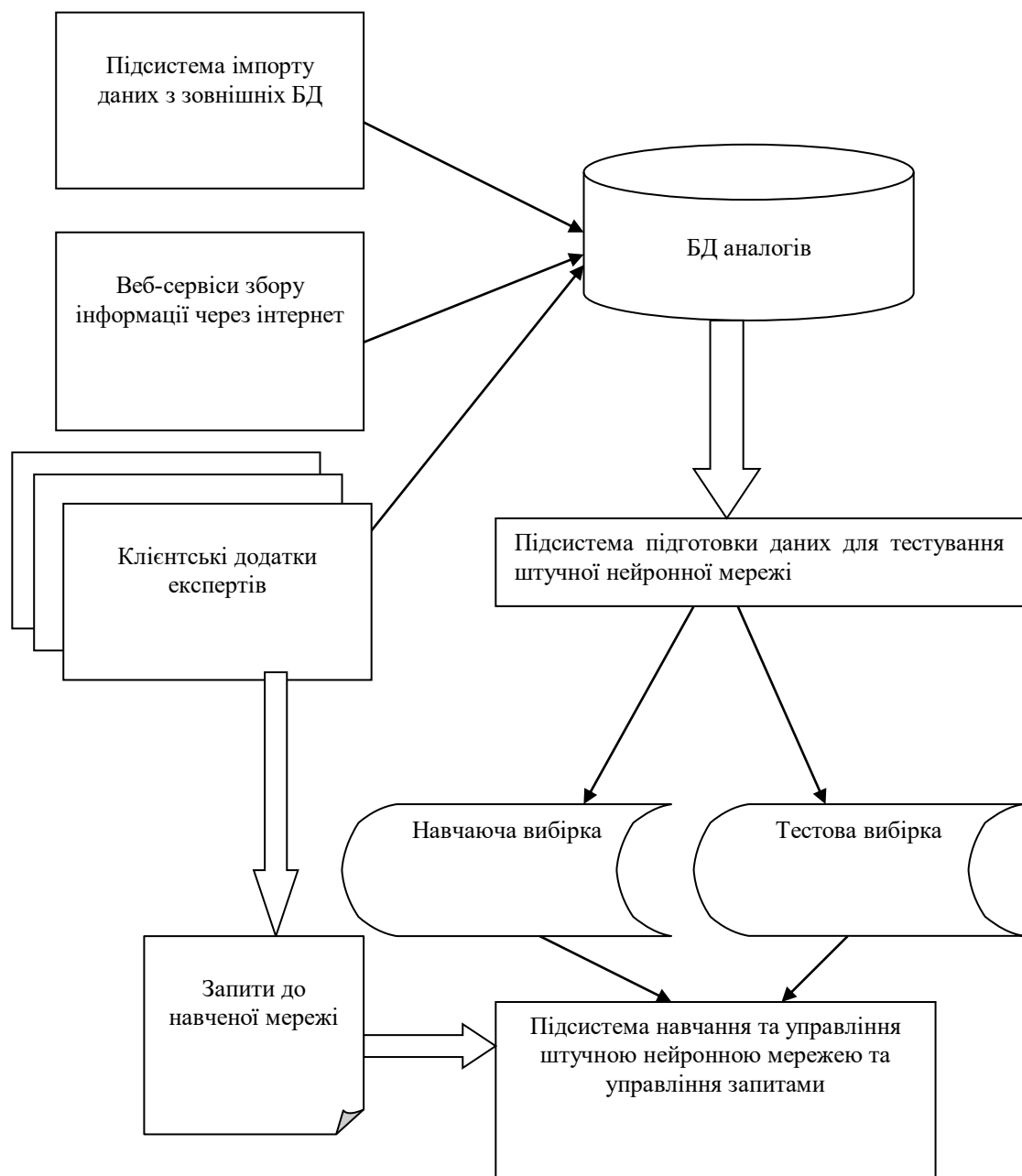


Рис. 5.1 Архітектура інформаційної нейронно-мережевої системи тестування

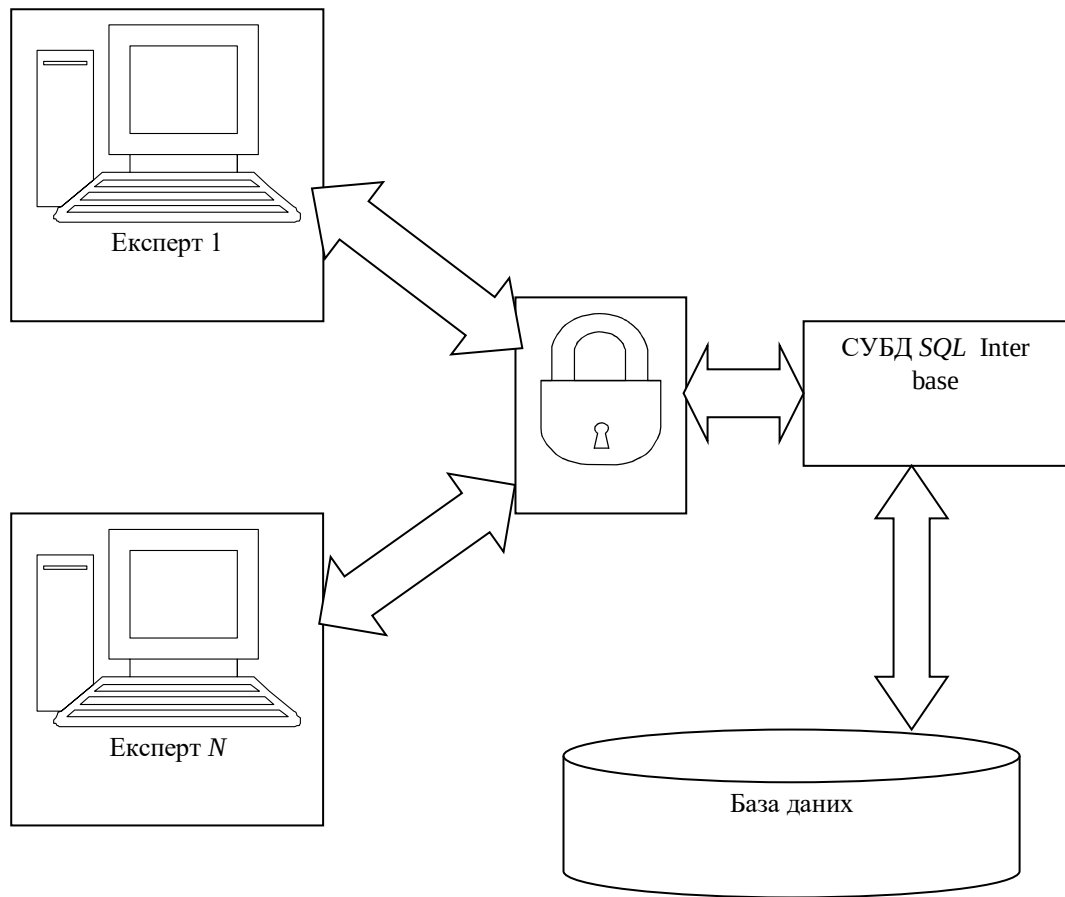


Рис. 5.2 Клієнт-серверна архітектура підсистеми збору інформації

5.2 Підсистема підготовки інформації тестування нейронної мережі

Підсистема підготовки щодо тестування має свій конфігуратор, де користувач може визначити кількість даних, які необхідно виділити для тестування нейронної мережі і для навчання. Робота підсистеми починається з вибору даних з бази даних за допомогою запиту, що конфігурується.

Вся схема роботи підсистеми підготовки інформації щодо тестування нейронної мережі зображена на рис. 5.3.

Після отримання результатів запиту дані надходять до модулю, що визначає типи атрибутів та їх варіанти даних. Потім дані, що мають числовий тип відокремлюються від даних, що мають текстовий тип. Оскільки мережа не може сприймати дані як текстовий тип, пропонується деталізувати таблицю нечислових даних, тобто кожен варіант представити як атрибут, що має значення тільки “0” або “1”.

Дані що є чисельно вираженими теж потребують обробки. Так як на вхід сигмоїдального нейрона подаються сигнали тільки в межах від 0 до 1, то значення таких параметрів як площа, ціна необхідно

перемаштабувати. Приклад зведення значень таких факторів зображений на рис. 5.4.

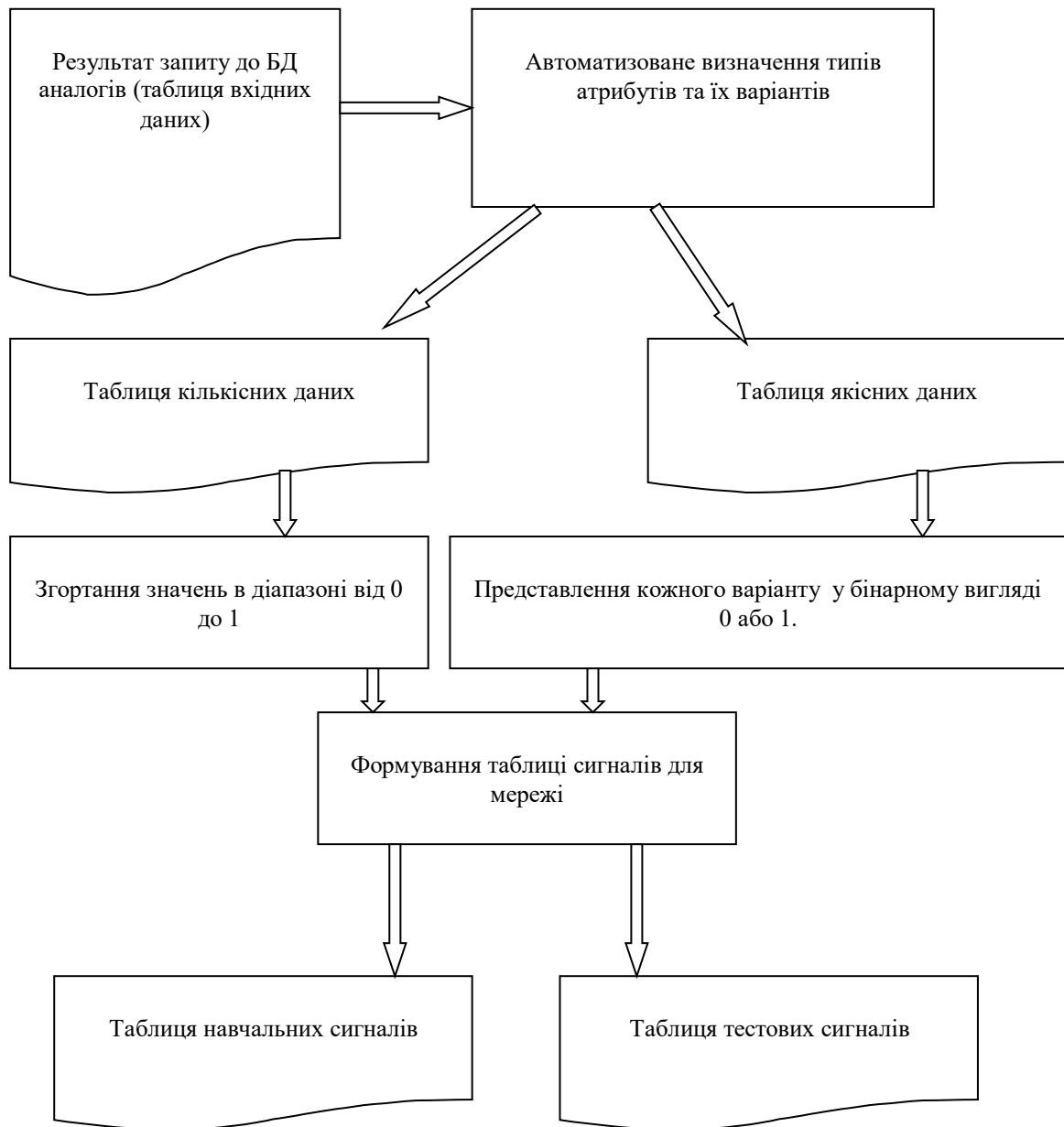


Рис. 5.3 Підсистема підготовки інформації щодо тестування нейронної мережі

Перед обробкою

	S_TSH	S_TD	S_TV	S_TPW	F_TP	F_CT	P_PV	P_PSH	P_PPP
	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0
	0,05	0,05	1	0,05	0,05	0,05	1	0,05	0,05
	0,1	0,1	1,6	0,1	0,1	0,1	1,6	0,1	0,1
	0,125	0,125	1,9	0,125	0,125	0,125	1,9	0,125	0,125
	0,135	0,135	2	0,135	0,135	0,135	2	0,135	0,135

Після обробки

S_TSH	S_TD	S_TV	S_TPVV	F_TP	F_CT	P_PV	P_PSH	P_PPP
0	0	0	0	0	0	0	0,016949152542...	0
0,001666666666...	0,01	0,010011123470...	0,0005	0,0005	0,001666666666...	0,010011123470...	0	0,000625
0,003333333333...	0,02	0,016685205784...	0,001	0,001	0,003333333333...	0,016685205784...	0,016949152542...	0,00125
0,004166666666...	0,025	0,020022246941...	0,00125	0,00125	0,004166666666...	0,020022246941...	0,025423728813...	0,0015625
0,004500000000...	0,027000000000...	0,021112450000...	0,00135	0,00135	0,004500000000...	0,021112450000...	0,027000000000...	0,0015750000...

Рис. 5.4 Приклад зведення числових значень в діапазон від 0 до 1

5.3 Модель тестування нейронної мережі

Задача апроксимації функцій штучною нейронною мережею складність яких завідома невідома, потребує прикладного програмного забезпечення з широкими можливостями конфігурації. Для цього була розроблена об'єктно-орієнтована модель мережі, що дозволяє легко управляти її параметрами (кількістю прошарків, нейронів в прошарках). Модель дозволяє слідкувати за кожним нейроном окремо і в разі необхідності змінювати його конфігурацію (тип функції активації, швидкість навчання, вхідні сигнали та зв'язки з іншими нейронами). Модель мережі зображено на рис. 5.5.

Модель складається з трьох класів: нейрон, прошарок, мережа. Розглянемо детально кожен клас, його атрибути і методи.

Клас Neuron – моделює стан та поведінку штучного нейрона.

Властивості класу Neuron:

public double requiredF – має значення потрібного вихідного сигналу на виході нейрона;

public int countOfSinaps – кількість синапсів (вхідних сигналів). Якщо це прихований шар, кількість вхідних сигналів дорівнює кількості нейронів попереднього шару;

public double speed – швидкість навчання. Параметр визначає величину зміни приросту при корекції вагових коефіцієнтів;

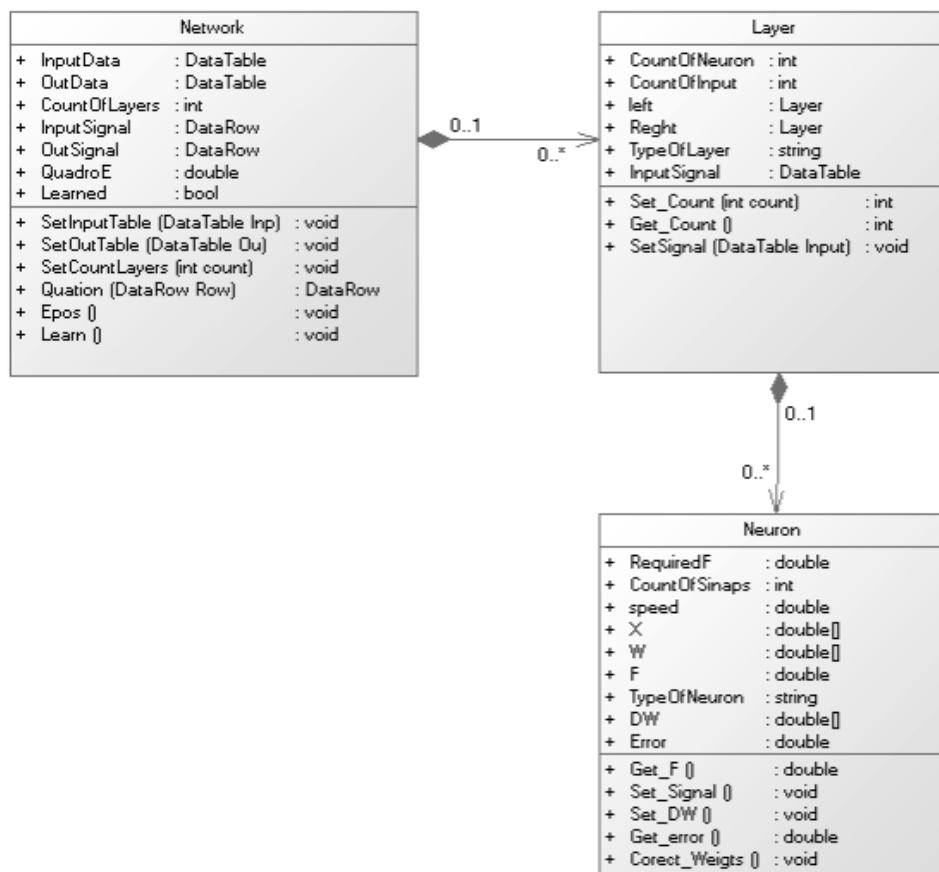


Рис. 5.5 Діаграма класів реалізації нейронної мережі

public double[] x – вектор вхідного сигналу;
 public double[] w – вектор вагових коефіцієнтів;
 public double f – значення дійсного виходу;
 public string typeOfNeuron – параметр визначає тип нейрона в залежності від його позиції в мережі (вхідний сигмоїдальний, прихований, вхідний “1 з N”, вихідний);

public double[] dw – вектор приросту для наступної ітерації навчання;
 public double error – величина похибки.

Методи класу Neuron:

public double GetF() – функція, що повертає значення виходу нейрона при поточному значенні вхідного сигналу;

public void SetSignal() – процедура активації синапсів (визначення вхідного сигналу);

public void SetDw() – процедура підрахунку вектора dw;

public double GetError() – функція визначення похибки;

public void CorectWeights() – процедура налаштування вагових коефіцієнтів нейрона при поточній помилці.

Клас Layer – моделює стан та поведінку прошарку нейронів. Має в собі 1 або більше об’єктів класу Neuron.

Властивості класу Layer:

`public int countOfNeuron` – зберігає в собі інформацію про кількість нейронів у шарі.

`public int countOfInput` – кількість вхідних сигналів, що приймає прошарок. Це значення дорівнює кількості нейронів попереднього шару або кількості сенсорів, якщо це перший прошарок.

`public Layer left` – вказівник на попередній (лівий) прошарок, якщо поточний об'єкт це перший прошарок то вказівник вказує на пустий об'єкт.

`public Layer right` – вказівник на наступний (правий) прошарок, якщо поточний об'єкт – вихідний прошарок то вказівник вказує на пустий об'єкт.

`public string typeOfLayer` – тип прошарку, може приймати значення трьох типів: “input”, “output”, “hidden”, вхідний, вихідний і прихований, відповідно.

`public DataTable inputSignal` – таблиця вхідних сигналів. Тільки для вхідного прошарку.

Методи класу `Layer`:

`public int SetCount(int count)` – встановлює кількість нейронів в шарі.

`public int GetCount()` – повертає кількість нейронів в поточному шарі.

`public void SetSignal(DataTable input)` – ініціалізує вхідний сигнал. Для кожного синапса встановлює значення відповідне до поточного рядку таблиці сигналів.

Клас `Network`– моделює стан та поведінку прошарку нейронів. Включає в себе 1 або більше об'єктів класу `Layer`.

Властивості класу `Network`:

`public DataTable inputData` – основна таблиця вхідних сигналів в мережу. Вміщує в собі дані про с конвертовані значення факторів.

`public DataTable outData` – основна таблиця потрібних вихідних сигналів. Кількість така ж як і в таблиці `inputData`.

`public int countOfLayers` – несе в собі інформацію про кількість шарів, включаючи приховані, вхідний та вихідний прошарки.

`public DataRow inputSignal` – поточний сигнал для навчання мережі. Дорівнює рядку таблиці `inputData`, що має номер, який відповідає поточному значенню ітерації в епосі навчання.

`public DataRow outSignal` – поточний вихідний сигнал для навчання мережі. Дорівнює рядку таблиці `outData`, що має номер, який відповідає поточному значенню ітерації в епосі навчання.

`public double quadroE` – загальна квадратична похибка минулої епохи навчання.

`public bool learned` – має істинне значення, якщо середня квадратична похибка в межах допустимої.

Методи класу `Network`:

`public void SetInputTable(DataTable inp)` – завантажує таблицю вхідних сигналів. Та конвертує її в матрицю вхідних сигналів.

`public void SetOutTable(DataTable ou)` – завантажує таблицю вихідних сигналів. Та конвертує її в матрицю вихідних сигналів.

`public void SetCountLayers(int count)` – встановлює кількість прошарків мережі, включаючи прихований, вихідний та вхідний.

`public DataRow Quation(DataRow row)` – основний метод реалізуючи запитання до навченої мережі. Повертає рядок зі значеннями вихідного сигналу при вхідному сигналі, що є вхідним параметром row.

`public void Epos()` – навчає мережу періодом в одну епоху.

`public void Learn()` – навчає мережу доки значення загальної квадратичної похибки не лежатиме в межах допустимої.

Застосування об'єктно-орієнтованого підходу в проектуванні системи оцінки дозволило реалізувати прикладне застосування з широкими можливостями управління штучною нейронною мережею в реальному часі.

Інтерфейс управління і конфігурування штучною нейронною мережею. Користувач (експерт-оцінювач, дослідник) повинен мати можливість підбору аналогів з бази даних та інтерфейс, через який можна налаштовувати нейронну мережу для навчання. Інтерфейс включає в себе можливість управління запитами до нейронної мережі в будь який період навчання. На рис. 5.6 зображено основне вікно спостереження за мережею та її управління.

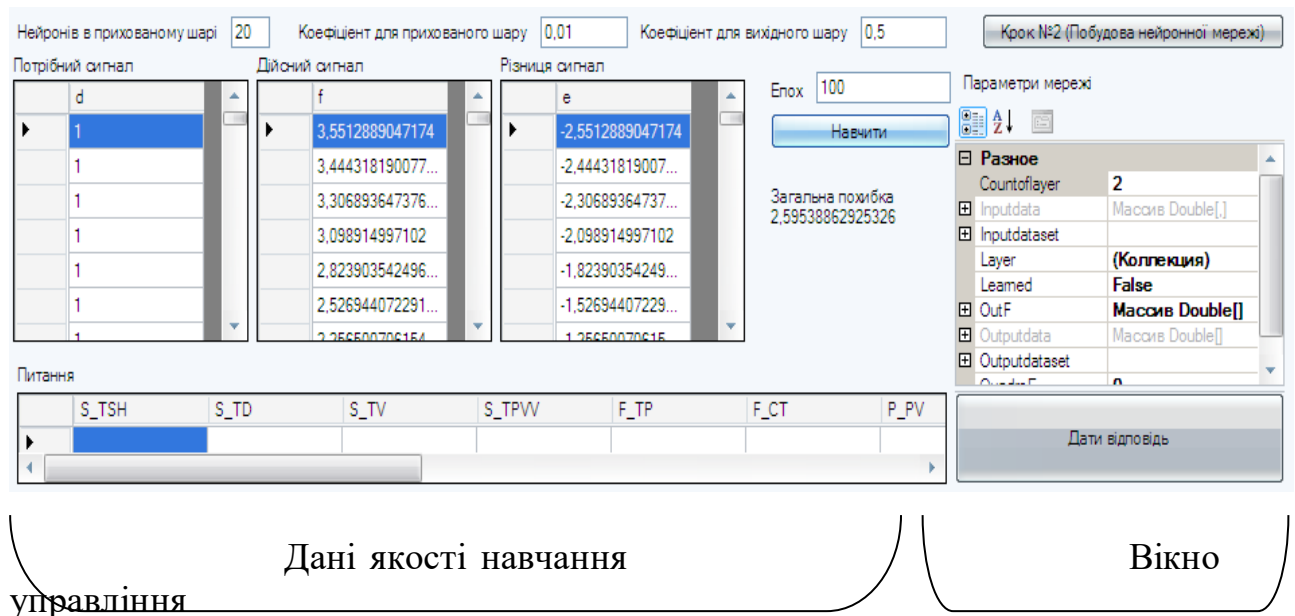


Рис. 5.6 Інтерфейс управління і спостереження за штучною нейронною мережею

Інструментами управління і налаштування мережі є діалогові вікна для управління прошарками над нейронами в прошарках, а також відкритими для редагування властивостями. Вікно редагування властивостей прошарку зображено на рис. 5.7. Аналогічним є інструмент редагування властивостей штучних нейронів зображено на рис. 5.8.

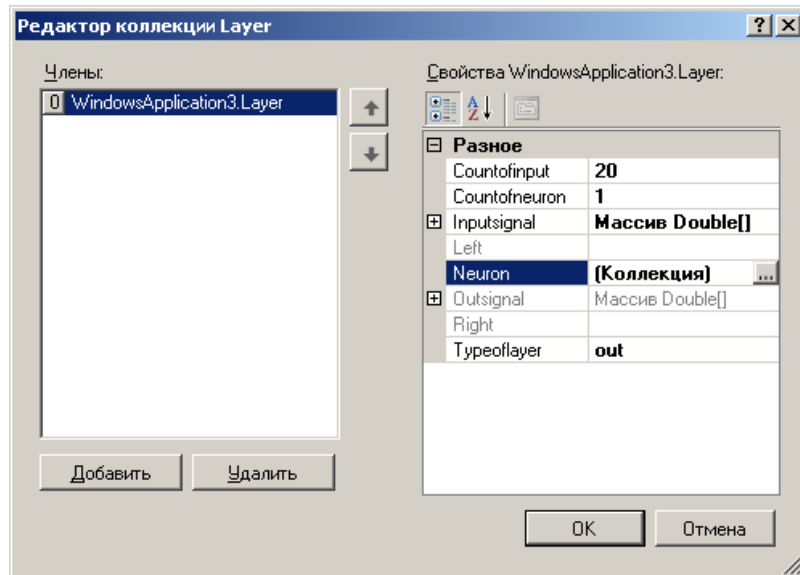


Рис. 5.7 Редактор прошарків

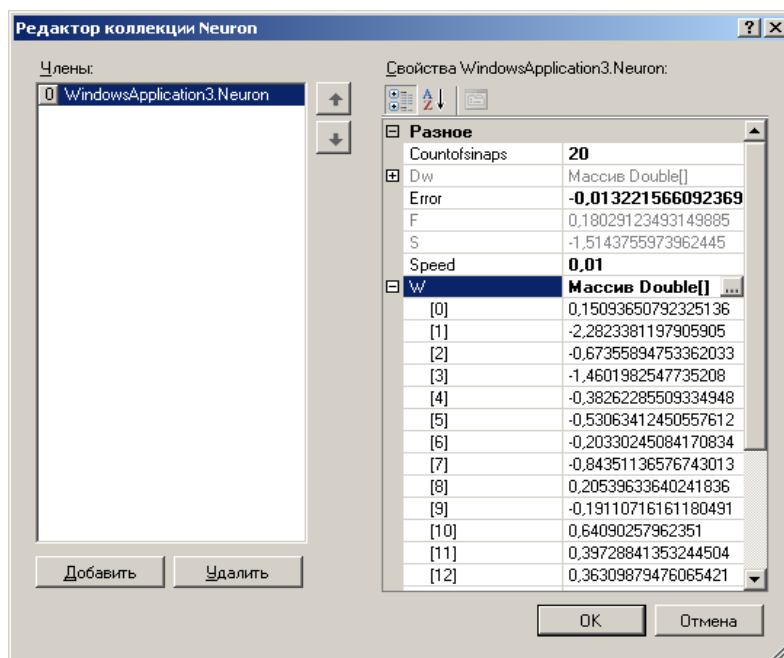


Рис. 5.8 Редактор штучних нейронів

5.4 Модулі програмного забезпечення тестування нейронної мережі

Програмне забезпечення передбачає модульну структуру для підтримки можливості інтеграції окремих частин з іншими додатками. Також модульна структура полегшує подальше вдосконалення окремих частин без залежностей від інших. Схема модулів програмного забезпечення зображена на рис. 5.9.

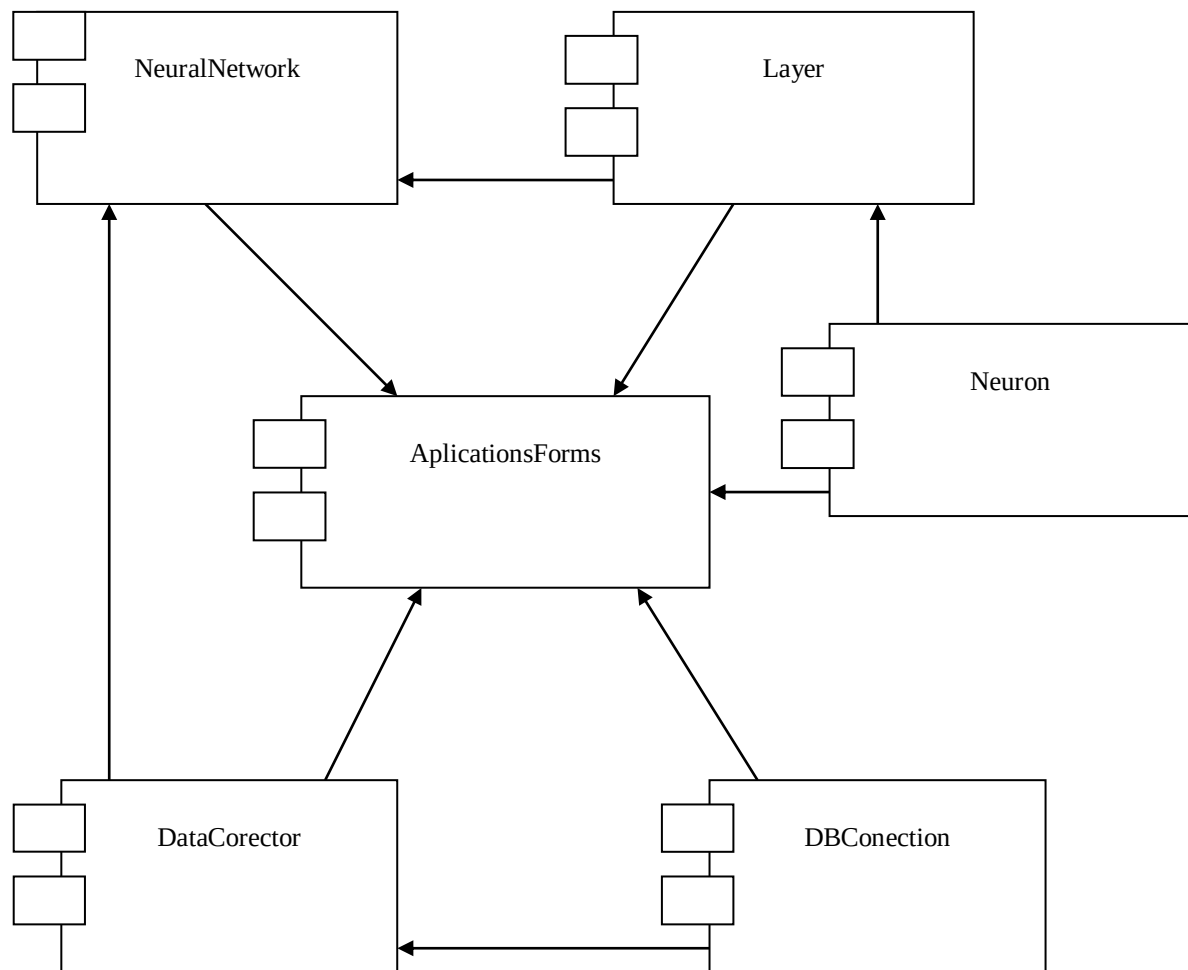


Рис. 5.9 Модулі програмного забезпечення нейронної мережі

Neural Network – модуль реалізації штучної мережі. Містить в собі опис метаданих класу Network.

Layer – модуль реалізації колекції прошарків нейронів. Містить в собі опис метаданих класу Layer.

Neuron – модуль реалізації колекції штучних нейронів. Містить в собі опис метаданих класу Neuron. ApplicationsForms – модуль інтерфейсові частини програмного забезпечення.

DataCorector – модуль реалізації підсистеми підготовки даних для навчання та тестування мережі.

DBConection – модуль підбору навчальної множини з'єднаний за базою даних. Має підтримку формування запитів до бази даних.

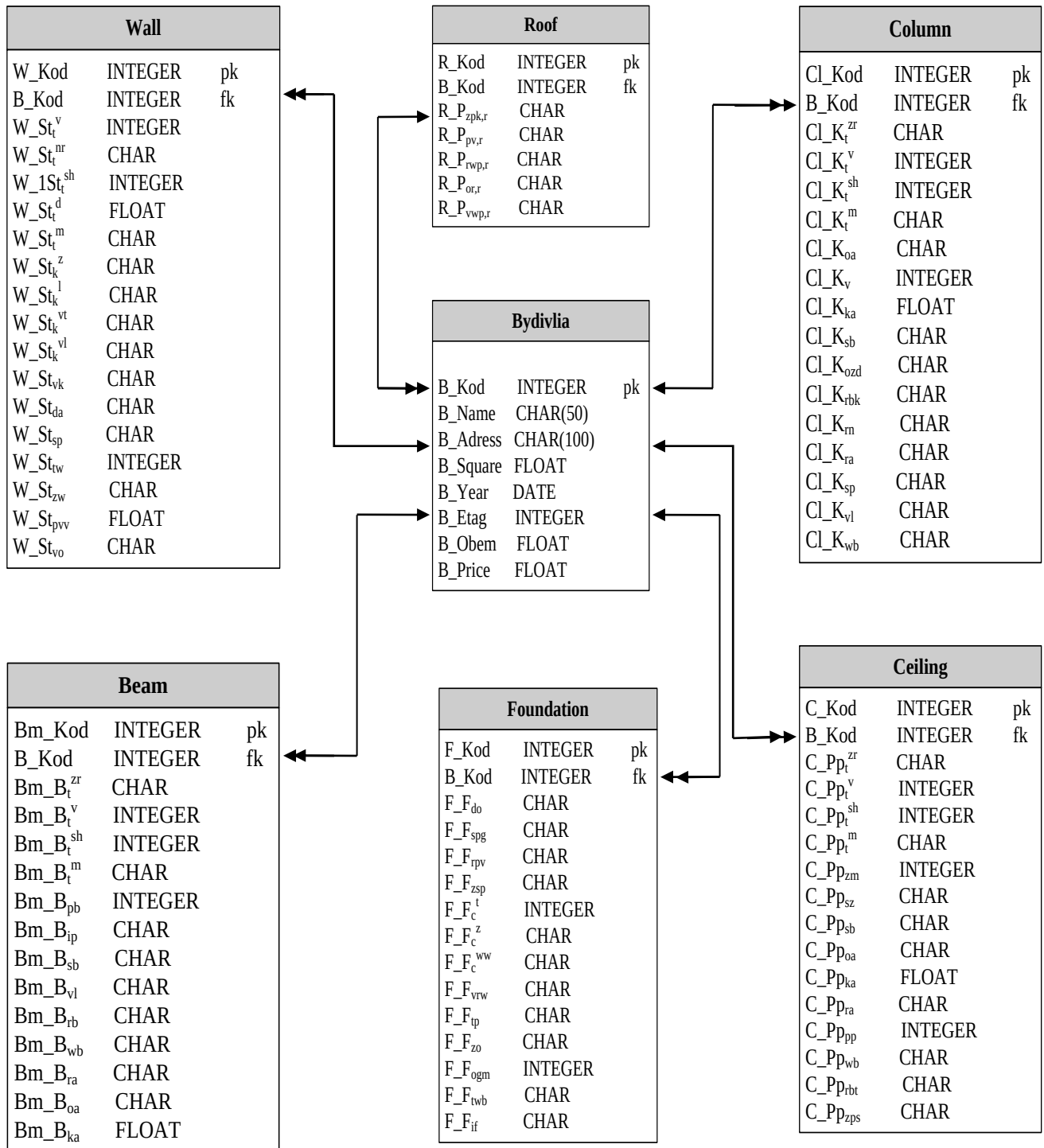


Рис. 5.10 Даталогічна модель бази даних інформаційної системи

5.5 План проведення експериментального дослідження тестування нейронної мережі

На рис. 5.11 представлений план проведення експериментального дослідження тестування нейронної мережі.

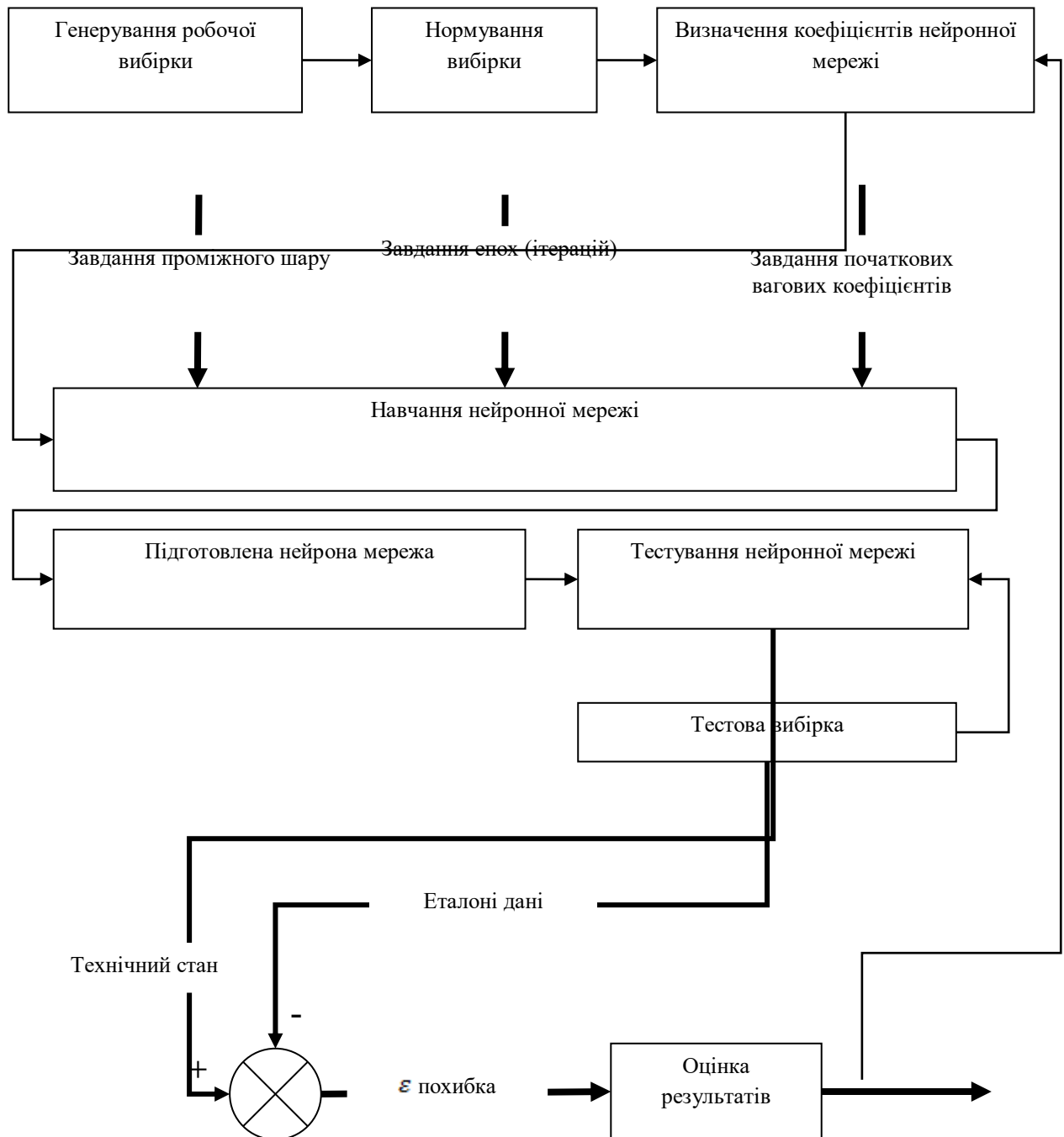


Рис. 5.11 План експериментального дослідження тестування мережі

Для тестування мережі використовувались свіжі статистичні дані, що зібрані з доступних інтернет-ресурсів. Для навчання штучної нейронної мережі вибірка становила 220 прикладів, з яких 20 було використано для тестування мережі, а 200 – для навчання. Вибірка для тестування мережі не входила в набір даних, що корегують синапатичні коефіцієнти. Тому саме вона і була основним показником ефективності. Вибірка для навчання формувалася за допомогою критеріїв які описані в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 Вхідні дані нейромережі

Назва елемента будівлі	Назва пошкоджень	Стани			
		нормальний	задовільний	непридатний	аварійний
Стіна	St_t^{sh} – ширина розкриття тріщин	0...0,125	0,125...0,25	0,25...1	1...3
	St_t^d – довжина тріщин	0...0,2	0,2...0,3	0,3...1	1...5
	St_t^v – вид тріщин	0...7,5	7,5...15	15...75	75...90
	St_{pvv} – перевищення допустимого відхилення від вертикалі	0...1,5	1,5...3	3...10	10...100
Фундамент	F_{tp} – тріщини в плитній частині	0...0,5	0,5...1	1...5	5...100
	F_c^t – тріщини цокольної частини	0...0,25	0,25...0,5	0,5...5	5...30
Плити перекриття	Pp_t^v – вид тріщин	0...7,5	7,5...15	15...75	75...90
	Pp_t^{sh} – ширина розкриття тріщин	0...0,15	0,15...0,3	0,3...1	1...3
	Pp_{pp} – прогин плит	0...2,5	2,5...0,5	5...30	30...80
Залізобетонні колони	K_t^v – вид тріщин	0...7,5	7,5...15	15...75	75...90

	K_t^{sh} – ширина розкриття тріщин	0...0,15	0,15...0,3	0,3...1	1...3
	K_v – викривлення колони	0...2,5	2,5...0,5	5...10	10...50
Залізобетонні балки	B_t^v – вид тріщин	0...7,5	7,5...15	15...75	75...90
	B_t^{sh} – ширина розкриття тріщин	0...0,15	0,15...0,3	0,3...1	1...3
	B_{pb} – прогин балки	0...2,5	2,5...0,5	5...10	10...40

В додатку №1 представлені дані для навчання нейронної мережі.

Так як на вхід сигмоїдального нейрона подаються сигнали тільки в межах від 0 до 1, то система перетворює занесені дані. Перетворені дані представлені на рис. 5.12 .

Дані після обробки (нормалізовані дані для навчання)

	S_TSH	S_TD	S_TV	S_TPW	F_TP	F_CT	P_PV	P_PSH	P_PPP
▶	0	0	0	0	0	0	0	0,016949152542...	0
	0,001666666666...	0,01	0,010011123470...	0,0005	0,0005	0,001666666666...	0,010011123470...	0	0,000625
	0,003333333333...	0,02	0,016685205784...	0,001	0,001	0,003333333333...	0,016685205784...	0,016949152542...	0,00125
	0,004166666666...	0,025	0,020022246941...	0,00125	0,00125	0,004166666666...	0,020022246941...	0,025423728813...	0,0015625

Рис. 5.12 Нормовані дані

Після нормування даних проводиться корегування нейронної мережі, а саме кількість нейронів в прихованому шарі обирається 20. Далі встановлюються коефіцієнти вагів для внутрішнього-0,1 і 0,5-зовнішнього шарів нейронної мережі, а також кількість епох (ітерацій) 100 представлено на рис. 5.13.

Після внесення коефіцієнтів починається навчання нейронної мережі. І чим більше кількість епох тим довше навчається система, що представлена на рис. 5.14.

Після навчання визначається загальна похибка ідентифікації. Перевіряється нейрона мережа контрольною вибіркою і отримується результат представлено на рис. 5.15.

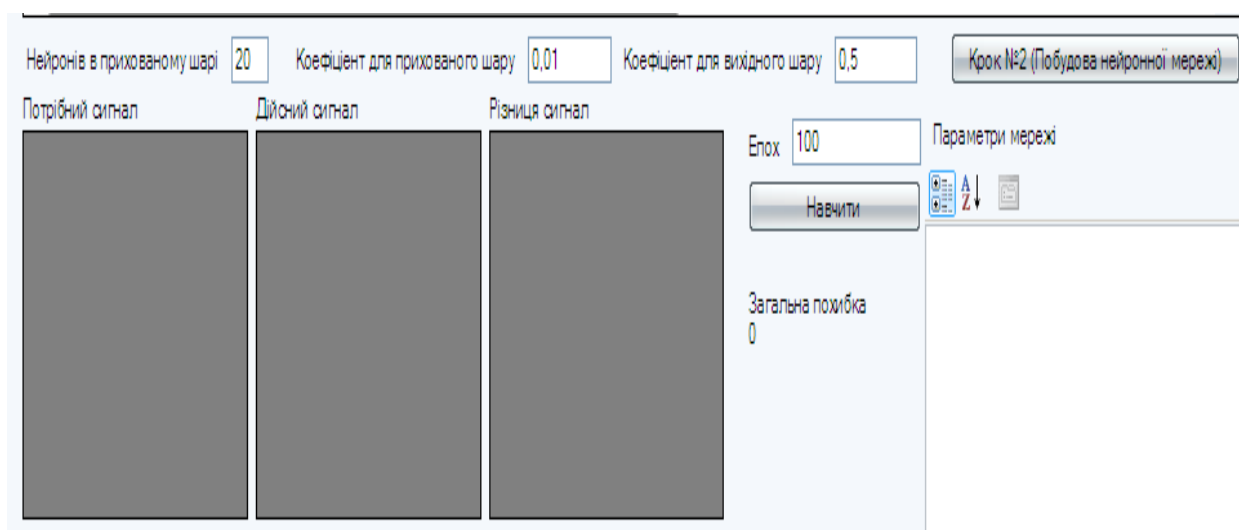


Рис. 5.13 Ведення коефіцієнтів

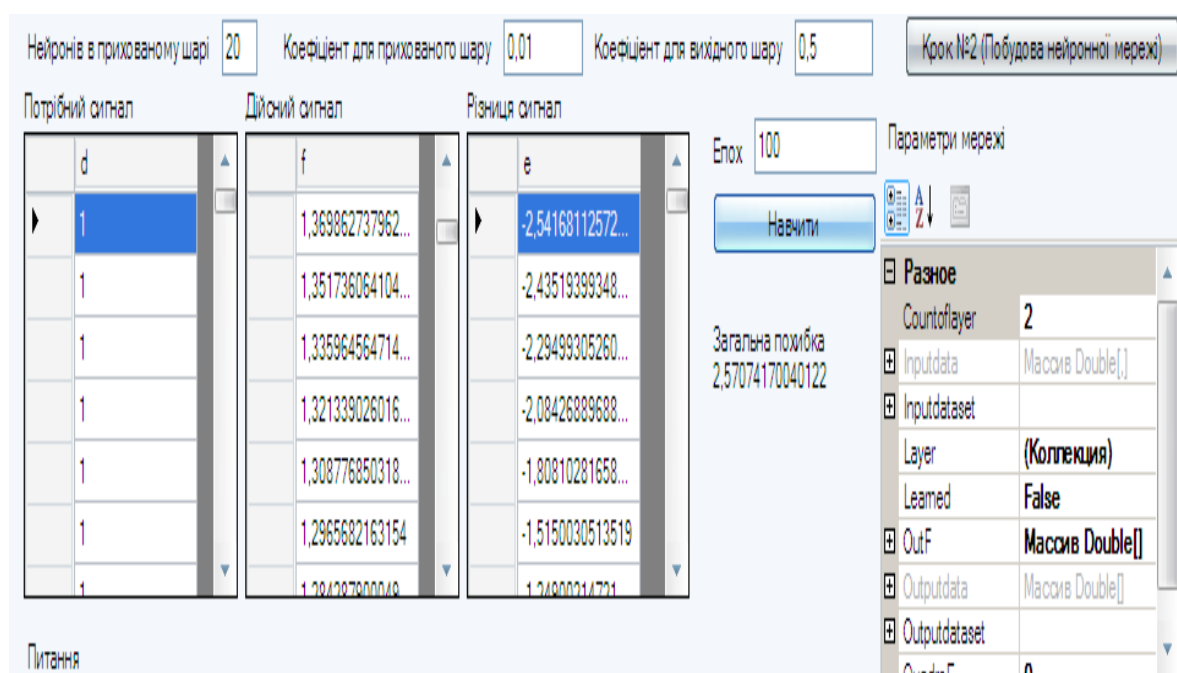


Рис. 5.14 Навчання нейронної мережі

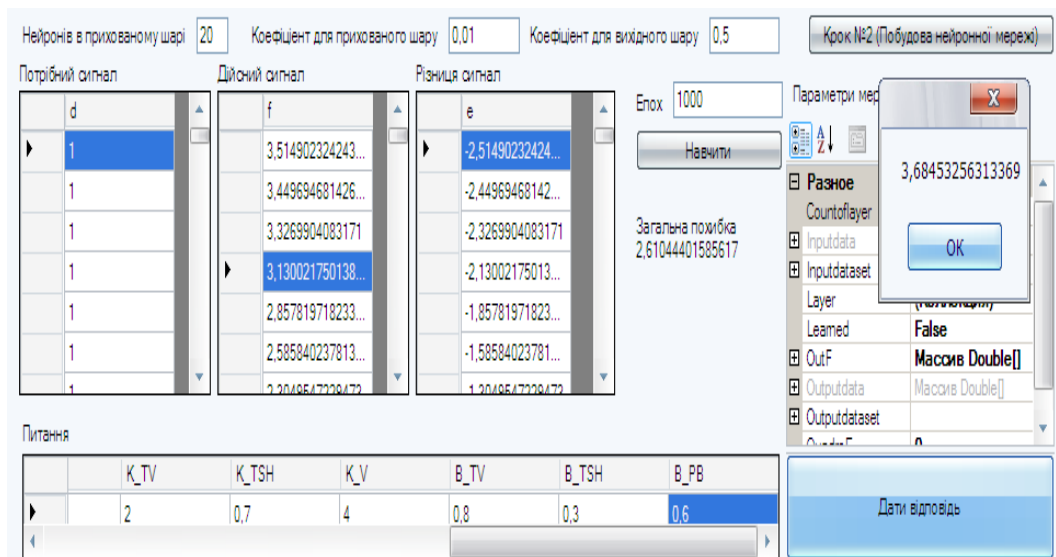


Рис. 5.15 Виведення результатів нейронної мережі

5.6 Результати дослідження тестування нейронної мережі

На рисунку 5.16 представлений результат тестування нейронної мережі.

Навчання штучної нейронної мережі зайняло 10 хвилини 68000 епох. Графік залежності загальної середньої квадратичної похибки від номеру епохи навчання показано на рис. 5.17.

Проведене дослідження доводить потенційну ефективність використання нейронних мереж також для аналізу ринку нерухомості при проведенні оціночної діяльності.

Подальше збільшення прикладів для навчання мережі та кількості критеріїв зменшить загальну похибку мережі.

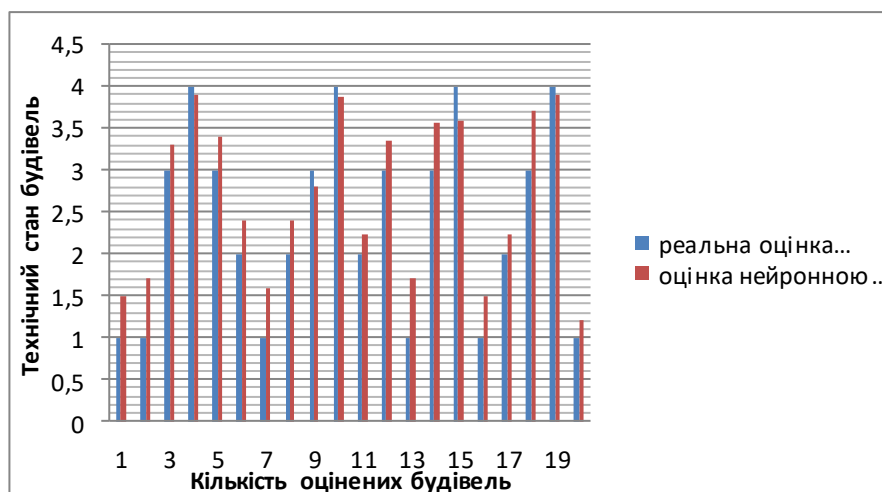


Рис. 5.16 Гістограма тесту на реальних даних

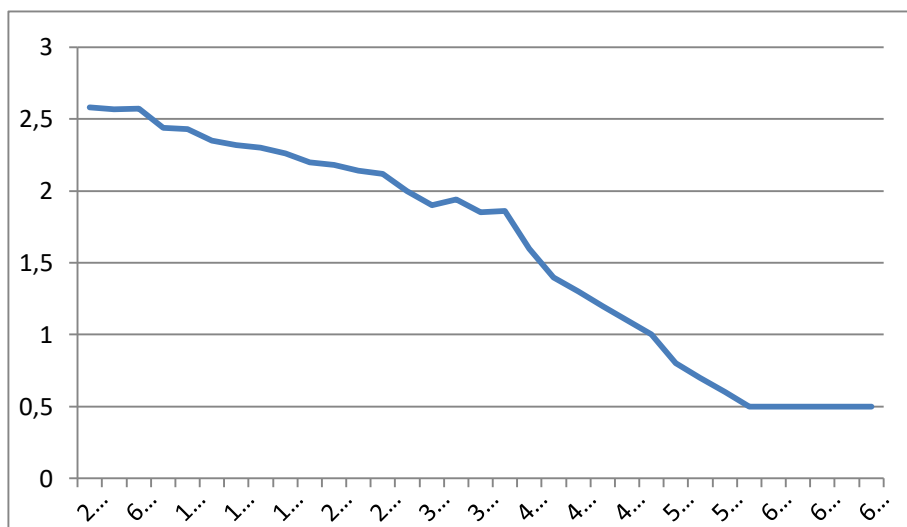


Рис. 5.17 Зменшення значення похибки при навчанні

5.7 Тестовий приклад нейронної мережі

Спочатку будується і навчається нейронна мережа, що зображена на рис. 5.18 і 5.19.

Після навчання нейронної мережі вноситься данні про будівлі і натискається кнопка “Дати відповідь” і система видає результат, представлений на рис. 5.20.

Оцінка стану будівель

Дані для навчання нейронної мережі

S_TSH	S_TO	S_TV	S_TPV	F_TP	F_CT	P_PV	P_PSH	P_PPP
0	0	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0
0.05	0.05	1	0.05	0.05	0.05	1	0.05	0.05
0.1	0.1	1.6	0.1	0.1	0.1	1.6	0.1	0.1
0.125	0.125	1.9	0.125	0.125	0.125	1.9	0.125	0.125
0.135	0.135	2	0.135	0.135	0.135	2	0.135	0.135

Крок №1 (Нормалізація даних для навчання мережі)

Дані після обробки (нормалізовані дані для навчання)

S_TSH	S_TO	S_TV	S_TPV	F_TP	F_CT	P_PV	P_PSH	P_PPP
0	0	0	0	0	0	0	0.016549152542	0
0.016666666666	0.01	0.010111234701	0.0005	0.0005	0.016666666666	0.010111234701	0	0.000625
0.033333333333	0.02	0.0166525704	0.001	0.001	0.033333333333	0.0166525704	0.016549152542	0.00125
0.041666666666	0.025	0.020222459411	0.00125	0.00125	0.041666666666	0.020222459411	0.025423728113	0.0015625

Нейрони в прихованому шарі: 20 Коefіцієнт для прихованого шару: 0.01 Коefіцієнт для вихідного шару: 0.5

Поточний сигнал: [] Діючий сигнал: [] Рамка сигналу: []

Етап: 100 Параметри мережі: []

Заставка: []

Рис. 5.18 Побудова нейронної мережі

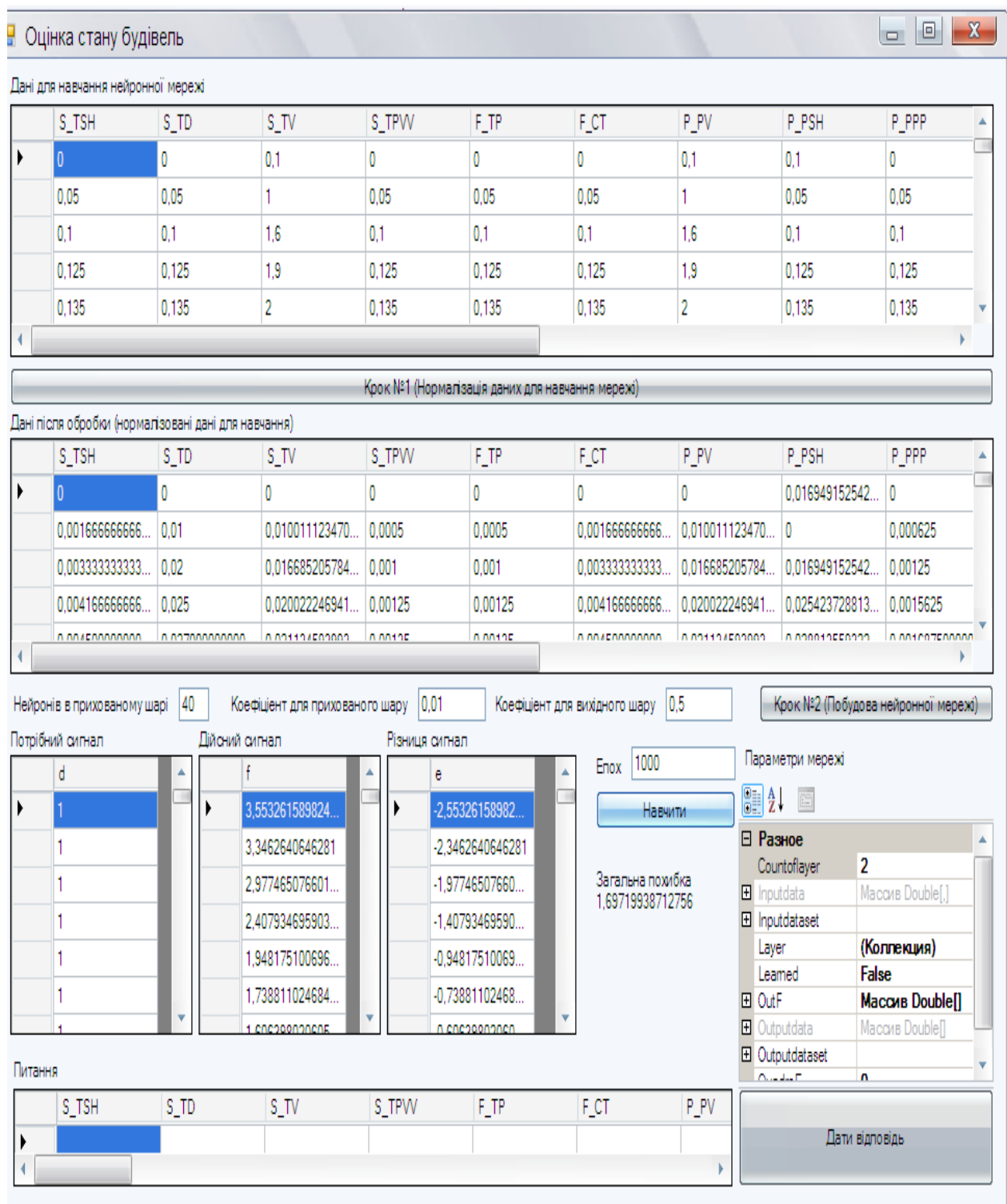


Рис. 5.19 Навчання нейронної мережі

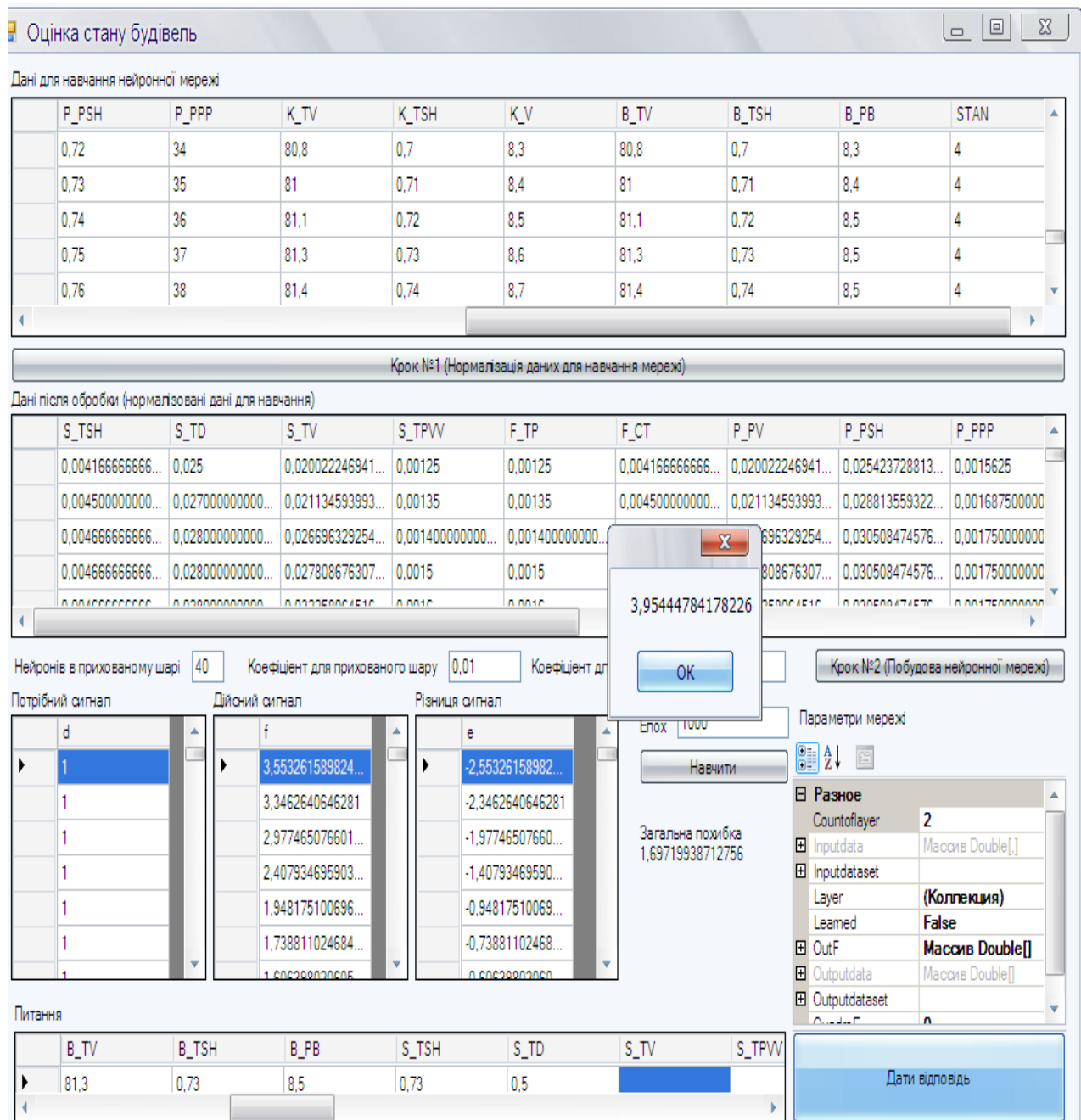


Рис. 5.20 Результат нейронної мережі

Проведене дослідження доводить потенційну ефективність використання нейронних мереж для побудови моделей і методів автоматизованої системи діагностики технічного стану будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інтелектуальна інформаційна технологія діагностики технічного стану будівель [Текст] : монографія /В.М. Михайленко, О.О. Терентьєв, 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. Терентьєв // – К: ЦП «Компринт», 2015. – С. 232.
3. Терентьєв 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. Терентьєв 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 /Терентьєв 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. Терентьєв // – 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. Терентьєв, 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 /Терентьєв 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. Терентьєв, А.Т. Свідерський, Є.В. Горбатюк. – К.: Компринт, 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

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ
ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ**

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

Укладачі: **Терентьєв** Олександр Олександрович