

УДК 58.5:004.8

**ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ
ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАДАЧІ ДІАГНОСТИКИ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ**

***д. т. н., проф. Михайленко В. М., к. т. н. доц. Терентьев О. О.,
асп. Єременко Б. М.***

*ДВНЗ «Київський національний університет будівництва і
архітектури», м. Київ*

Постановка проблеми. Будівлі є системами, що складаються з великої кількості елементів. Тривала експлуатація під дією комплексу навантажень та впливів, більша частина яких має випадковий характер вносить суттєву долю невизначеності в процеси, що з часом протікають в структурі матеріалів, з яких виготовлені ці елементи. Тому прогнозування параметрів, що визначають категорію технічного стану (ТС) і можливість їхньої подальшої експлуатації лишається актуальним. Значну роль при цьому відіграють експертні системи, що призначені обмежити вплив людського фактору при аналізі нечіткої інформації [1].

Мета роботи полягає у визначенні категорії технічного стану елементів будівлі на базі обробки експериментальних результатів роботи експертної системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час розроблені та використовуються наступні алгоритми нечіткого виводу: алгоритм Мамдані, алгоритм Цукамото, алгоритм Ларсена, алгоритм Сугено. В задачах нечіткого моделювання в області діагностування ТС будівель найчастіше застосовуються алгоритми Мамдані та Сугено, оскільки дозволяють проводити спостереження деформаційних процесів і обґрунтувати рішення щодо подальшої експлуатації як конструктивних елементів, так і будівлі в цілому, залежно від побудови та застосовування бази правил системи нечіткого виводу [2].

Алгоритм Мамдані складається з наступних етапів:

1. Формування бази правил системи нечіткого виводу.
2. Фаззифікація вхідних змінних.
3. Агрегація підумов в нечітких правилах продукцій. Для знаходження ступеню істинності умов кожного з правил нечітких продукцій використовуються парні нечіткі логічні операції. Правила,

ступінь істиності умов яких відмінна від нуля, вважаються активними та застосовуються для розрахунків.

4. Активізація підвисновків в правилах нечітких продукцій.
5. Акумуляція висновків правил нечітких продукцій.
6. Дефазіфікація вихідних змінних.

Алгоритм Сугено складається з наступних етапів [2]:

1. Формування бази правил системи нечіткого виводу. В базі правил можливі тільки правила нечітких продукцій у формі:

$$\text{ПРАВИЛО } \langle \# \rangle: \text{ЯКЩО } " \beta_1 \in a' " \text{ І } " \beta_2 \in a' " , \\ \text{ТО } " w = \epsilon_1 x a_1 + \epsilon_2 x a_2 " ,$$

де ϵ_1, ϵ_2 - вагові коефіцієнти; значення вихідної змінної w в заключенні визначається як деяке дійсне число.

2. Фазіфікація вхідних змінних.
3. Агрегація підумов в нечітких правилах продукцій. Для знаходження ступеню істиності умов кожного із правил нечітких продукцій використовується логічна операція *min* – кон'юнкції. Правила, ступінь істиності умов яких відмінна від нуля, вважаються активними та застосовуються для подальших розрахунків.
4. Активізація підвисновків в правилах нечітких продукцій. В результаті визначається множина значень та множина значень вихідних змінних.
5. Акумуляція висновків правил нечітких продукцій. Фактично відсутнє, так як розрахунки здійснюються з дійсними числами.
6. Дефазіфікація вихідних змінних.

Виклад основного матеріалу. Запропоновані в роботі моделі і методи обробки експериментальних результатів роботи експертної системи, що призначена для проведення обстеження ТС на основі аналізу нечітких систем, розробки бази знань і ланцюгів логічного виведення оцінки основних дефектів та пошкоджень конструктивних елементів будівлі, дозволяють на базі аналізу результатів роботи нечіткої системи здійснити моделювання експертної системи діагностування ТС [3].

На рис.1 представлена схема організації проведення експериментального дослідження ТС об'єктів обстеження та схема експертного дослідження ТС елемента. Всі етапи системи нечіткого виводу можуть бути реалізовані по різному, оскільки включають в себе параметри, які повинні бути фіксованими або специфіковані. Вибір конкретних варіантів параметрів кожного із етапів визначає алгоритм, який в повному об'ємі реалізує нечіткий вивід в системах правил нечітких продукцій.

Розглянемо приклад експериментального дослідження технічного стану конструктивного елементу (тріщина в стіні) за алгоритмами Мамдані та Сугено.

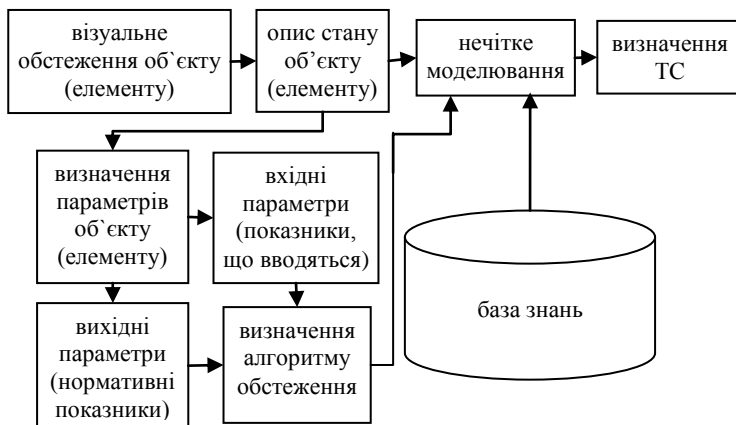


Рис.1. Схема організації проведення експериментального дослідження ТС будівель та споруд

На рис.2 зображена схема дослідження ТС конструктивного елементу (тріщина в стіні) методом центру тяжіння за алгоритмом Мамдані при вхідних (ширина розкриття тріщин) та вихідних (нормативні показники, показники фізичного зносу при визначенні категорії технічного стану конструкції) змінних.

На початку обстеження вводимо довільно по одній вхідній лінгвістичній (ширина розкриття тріщин, які є типовими) та вихідній (можна декілька) лінгвістичній змінній (нормативні данні фізичного зносу, ширини розкриття тріщин при визначенні категорії ТС конструкції згідно положення “Правила оцінки фізичного зношення будинків. ВСН 53-86(р)”).

Редактор функції належності дозволяє аналізувати функції належності, змінювати ім'я, тип, параметри. Для кожної вхідної та вихідної лінгвістичної змінної вводять всі параметри, які необхідно аналізувати.

Редактор правил системи нечіткого виводу, дає можливість аналізувати та вводити правила продукції системи нечіткого виводу.

Графічний перегляд системи нечіткого виводу, дозволяє візуалізувати результати нечіткого виводу та отримувати значення

вихідних змінних в залежності від початкових значень вхідних змінних (при встановленому експертом середньому значенні 0,5).

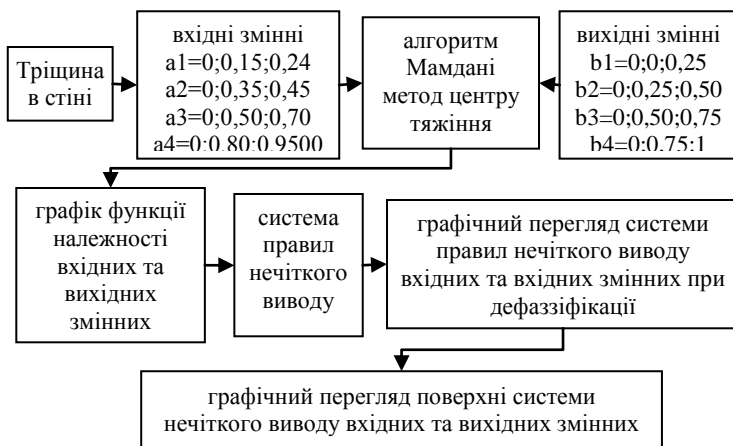


Рис. 2. Приклад реалізації експертного дослідження ТС конструктивного елементу (тріщина в стіні) методом центру тяжіння за алгоритмом Мамдані

Графічний перегляд поверхні системи нечіткого виводу відображає основні піки розвитку деформації пошкодженої конструкції в залежності від категорії ТС згідно нормативних документів (*kat stan*) та ширини розкриття тріщин (*shur*).

Для прикладу реалізації, що показаний на рис.2 найбільший пік деформації тріщини в стіні відповідає значенню ширини розкриття тріщини 0,5мм при категорії технічного стану 0,529мм, що означає непридатність елемента до нормальної та безпечної експлуатації. Реалізація експертного дослідження надає можливість проводити спостереження деформаційних процесів – отримувати значення вихідних змінних для різних початкових значень вхідних змінних за алгоритмом Мамдані та приймати заходи щодо подальшої експлуатації конструктивних елементів чи будівлі в цілому в залежності від побудови та застосовування бази правил системи нечіткого виводу.

Для порівняння на рис.3 представлено приклад реалізації експертного дослідження технічного стану конструктивного елементу (тріщина в стіні) за алгоритмом Сугено. Для систем нечіткого виводу вибирається метод зваженого середнього.

Результатом проведенного експерименту є графік поверхні системи нечіткого виводу, що відображає основні піки розвитку деформації пошкодженої конструкції залежно від категорії. Найбільший пік деформації характеризується значенням ширини розкриття тріщини 0,5мм при категорії ТС 0,846мм. Висновок полягає в тому, що стіна з тріщиною знаходиться в аварійному стані.

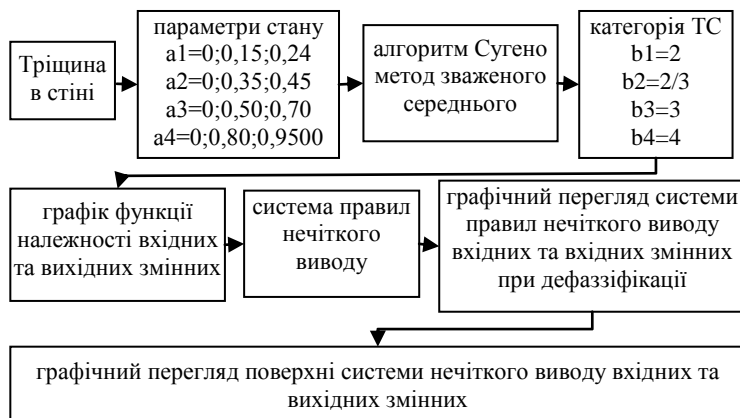


Рис. 3. Приклад реалізації експертного дослідження ТС конструктивного елементу (тріщина в стіні) методом зваженого середнього за алгоритмом Сугено

Порівняння алгоритмів Мамдані та Сугено показало, що обидві моделі є універсальними апроксиматорами, але при значних об'ємах виборки даних ідентифікація за допомогою моделі Сугено забезпечує більшу точність. Слід зазначити, що при застосуванні моделі Сугено виникають труднощі зі змістовною інтерпретацією параметрів нечіткої моделі та поясненням логічного виводу. При застосуванні моделі Мамдані таких труднощій не виникало, її параметри після навчання легко інтерпретируються змістовно. Окрім того, досліджені моделі відрізняються форматом бази знань та процедурою дефазифікації.

ВИСНОВОК:

Реалізації експертного дослідження технічного стану конструктивного елементу (тріщина в стіні) методом центру тяжіння за алгоритмом Мамдані та методом зваженого середнього за алгоритмом Сугено показали, що при однакових вхідних даних стан дослідженого елемента конструкції визначається як непридатний до нормальної та безпечної експлуатації та аварійний відповідно.

Аналіз експерименту показав, що модель типу Сугено дозволяє працювати з великими об'ємами даних і гарантує більшу безпеку, ніж модель типу Мамдані, тому для задач, де важливішою є точність ідентифікації, краще застосовувати нечіткі моделі типу Сугено, а для задач де більш важливим є пояснення та обґрунтування прийнятого рішення, будуть мати перевагу нечіткі моделі типу Мамдані.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – К.: НДІБВ, – 2003.–144 с.
2. Михайленко В.М. Моделі структури властивостей будівлі при проведенні обстеження для вирішення задач діагностики / В.М. Михайленко, О.О. Терентьев // – К.: Будівельне виробництво, міжвідомчий науково-технічний журнал, випуск 50/2009, НДІБВ, 2009. - С. 30-34.
3. Михайленко В.М. Організація та технологія проведення обстеження технічного стану будівель на основі інформаційних технологій / П.М. Яцик, О.О Терентьев., О.Б. Полторак // – К.: Будівельне виробництво, міжвідомчий науково-технічний журнал, випуск 50/2009, НДІБВ, 2009. – С. 23-29.