

# ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН В БУДІВНИЦТВІ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Розглянуто питання застосування теорії нечітких множин та нечіткої логіки в будівництві. Виконаний огляд нечітких діагностичних моделей.*

**Ключові слова:** діагностування; будівництво; модель; нечітка логіка, нечіткі множини.

## *Abstract*

*The questions of application of the theory of fuzzy sets and fuzzy logic in construction are considered. An overview of fuzzy diagnostic models has been performed.*

**Keywords:** diagnosing; construction; model; fuzzy logic, fuzzy sets.

## Вступ

Задача діагностування будівельних конструкцій та інженерних мереж досить часто може бути зведена до задачі розпізнавання образів [1]. Застосування теорії нечітких множин в будівництві розпочалися в США 50 років назад з робіт із діагностики пошкоджених землетрусами будівель та споруд. Завдання діагностування дефектів та пошкоджень будівельних конструкцій, конструктивних елементів, інженерних мереж є досить складною, як правило, її правильне рішення можливо тільки при обліку великої кількості різноманітних факторів.

## Основна частина

Використання теорії нечітких множин в будівництві та методологічні принципи побудови математичних моделей, алгоритмів та програмного забезпечення для систем діагностування будівельних конструкцій були визначені в роботах [2,3]. За цими принципами в якості вихідної інформації для побудови моделей діагностування використовують, як експериментальні дані, так і лінгвістичні висловлювання-правила, що відображають розуміння експертом причино-наслідкових зв'язків. В останній десятиліття поширеним є застосування апарату нечіткої логіки та нечітких множин для створення моделей діагностування будівельних конструкцій [4] та інженерних мереж [5-8], та нечітких моделей прийняття будівельних рішень [9,10].

Найчастіше нечітка діагностика будівельних конструкцій здійснюється на основі логічного виведення по нечітким базам знань. Менша частка робіт стосується діагностичних моделей із застосуванням інших нечітких методів, серед яких: опис вектору пошкоджень об'єкту в формі нечіткої множини, яка враховує впевненість експерта-діагноста в достовірності початкових даних, опис результату діагностики в формі нечіткої множини та застосування теорії можливості [4].

Більшість розроблених діагностичних моделей використовують лише експертні знання, в нечітких діагностичних моделях [3] та [5] використовують як експертні знання, так і експериментальні дані. Спочатку за експертними знаннями сформовані нечіткі правила «Якщо – тоді», які є грубою діагностичною моделлю. Після цього, за експериментальними даними проведено навчання діагностичної моделі шляхом налаштування функцій належності нечітких термів та вагових коефіцієнтів правил. Навчання зводиться до пошуку таких параметрів моделі, які мінімізують розбіжність між бажаними та теоретичними результатами. Але на відміну від методів індуктивного моделювання, наприклад, нейронних мереж, необхідний обсяг навчаючої вибірки є значно меншим.

Це досягається за рахунок того, що структура діагностичної моделі – нечітка база знань, є для кожної задачі унікальною, а не універсальною, як в нейронних мережах.

Наявність унікальної структури нечіткої моделі, дозволяє не тільки значно скоротити обсяг навчальної вибірки, але і забезпечити певну робастість, тобто нечутливість моделі до випадкових викидів початкових даних. Зауважено, що після навчання нечітка база знань в [4] залишилась прозорою за визначенням [12], тоді як в [6] наявні складнощі змістовної інтерпретації кількох функцій належності нечітких термів.

Також не у всіх роботах показана перевірка адекватності діагностування за розробленими моделями. А для визначення адекватності діагностування потрібно протестувати систему та порівняти результати моделювання з дійсними причинами виникнення тріщин. Для запобігання перенавчанню нечіткої моделі об'єкти в навчальній та тестовій вибірках повинні бути різними. Звичайно, обидві вибірки мають бути репрезентативними.

В останні декілька років поширено застосування апарату нечіткої логіки та розроблення дерева логічного висновку студентами-магістрами в кваліфікаційних магістерських роботах. Популярність дерев рішень пов'язана з їх простотою і прозорістю, а також з наочністю та зрозумілістю процесу класифікації для інженерів. Екстракція дерева рішень є швидкою процедурою навіть при великих вибірках даних, але, слід пам'ятати, що для реальних задач дерево рішень не гарантує високої безпомилковості діагностування, проте воно дозволяє відсікти малоінформативні параметри стану і тим самим зменшити факторний простір для інших моделей. Як і для решти методів індуктивного моделювання створення адекватних моделей діагностування потребує вибірок експериментальних великих обсягів. Адекватність математичних моделей, побудованих на основі лінгвістичної інформації, безпосередньо залежить від кваліфікації експерта і інженера по знаннях. Але недоліком розроблених в магістерських роботах моделях є відсутність настройки цих моделі на реальні експериментальні дані.

### Висновок

Проаналізовані роботи по застосуванню нечіткої логіки для діагностики будівельних конструкцій, інженерних мереж а також системи прийняті організаційних будівельних рішень. Результатом діагностування найчастіше є визначення стану конструкцій та мереж. Встановлено, що серед методів теорії нечітких множин в діагностиці будівельних конструкцій найчастіше застосовується логічне виведення по нечітким базам знань. Застосування нечітких баз знань дозволяє побудувати адекватні математичні моделі на основі досвіду експертів-діагностів та експериментальних даних. Одним із обмежень застосування інформаційних технологій для створення діагностичних моделей в будівництві є високі вимоги до обсягу статистичних даних. Застосування нечітких експертних баз знань дозволяє значно скоротити обсяг навчальної вибірки, яка формується за достовірними результатами діагностики реальних об'єктів. Для підвищення адекватності моделі необхідно провести параметричну ідентифікацію залежності «параметри стану - діагноз» тобто настройку системи.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений.- М.: Мир, 1976.- 167с.
2. Ротштейн Александр Петрович. Принципы диагностики строительных конструкций на базе нечеткой логики /Александр Петрович Ротштейн, Ольга Дмитрівна Панкевич, Сергій Дмитрович Штовба // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2000. – Вип. 1. «Будівельні конструкції. Будівлі та споруди». – С. 150–153.
3. Панкевич О. Д. Діагностування тріщин будівельних конструкцій за допомогою нечітких баз знань: монографія / О. Д. Панкевич, С.Д. Штовба – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 108 с.
4. О. Д. Панкевич, С.Д. Штовба Застосування нечітких моделей для діагностики будівельних конструкцій // Вісник Вінницького політехнічного інституту - 2011, №4
5. Моргун Алла Серафимівна. Ідентифікація несучої здатності паль методами нечіткої логіки й методом граничних елементів./ А. С. Моргун , Д.І. Кательников, І.А. Моргун // Наукові праці ВНТУ. – 2008. – №2 Доступ [http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/vntu/2008-2/2008-2.files/uk/08masmbe\\_uk.pdf](http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/vntu/2008-2/2008-2.files/uk/08masmbe_uk.pdf)

6. Ратушняк Г.С., Кощев І.А. Моделювання енергоощадності біореактора з альтернативними джерелами енергії з використанням функцій належності лінгвістичних змінних. Науково-технічний збірник «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія», №3(34), 2015. с. 13-18.
7. Ратушняк Г.С., Ободьянская О.И. Особенности моделирования иерархической системы поддержки принятия решений на основе нечеткой логики для оценки технического состояния системы газоснабжения (603,26kb) . East European Scientific Journal, Warsaw – 2016. – №1(5). – С. 51-60.
8. Штовба С.Д., Панкевич В.В. Прогнозування споживання природного газу індивідуальними абонентами в опалювальний сезон //КОНФЕРЕНЦІЇ ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (2017) <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2017/paper/view/3160>
9. О. Г. Лялюк, О. Г. Ратушняк, А. О. Лялюк, В.В Панкевич Управління факторами, які впливають на вибір фінансового механізму енергозберігаючого проекту // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві - №1, 2018 – с.49-56
10. Ратушняк Г.С. Управління змістом проектів із забезпечення надійності зовнішніх газорозподільних мереж: монографія / Г. С. Ратушняк, О. І. Ободьянская. – Вінниця, 2014. – 128 с. – ISBN 978-966-641-582-3.
11. Штовба Сергій Дмитрович. Обеспечение точности и прозрачности нечеткой модели Мамдани при обучении по экспериментальным данным / С. Д. Штовба // Проблемы управления и информатики. – 2007. – №4. – С. 102–114.

**Панкевич Ольга Дмитрівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерних систем в будівництві, Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Панкевич Володимир В'ячеславович** – студент факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання, e-mail: [pankvo82@gmail.com](mailto:pankvo82@gmail.com).

**Pankevych Olga** PhD, Associate Professor of the Department of Engineering Systems in Construction, Faculty of Construction, Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

**Pankevych Volodymyr**, student, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsa national technical university, Vinnytsa