

УДК 681.5.015:007

*Русавський О. О., аспірант,
Ротштейн О. П., д-р техн. наук,
професор кафедри інформаційних технологій*

ІДЕНТИФІКАЦІЯ НЕЛІНІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ НЕЧІТКИМИ КОГНІТИВНИМИ КАРТАМИ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Вступ. У тезі запропоновано метод моделювання на основі нечітких когнітивних карт (НKK), який можна розглядати як альтернативу багатовимірному регресійному аналізу. Завдяки такому аналізу система буде здатна вилучати зв'язки між вхідними даними (концептами), отриманими під час експерименту. Окрім вхідних параметрів, система опрацьовуватиме ваги дуг як невідомі параметрами, які оцінюються у два етапи.

1. Оцінка на основі приблизної близькості значення стовпців таблиці спостережень даних входу-виходу.

2. Використання таблиці спостережень для коригування ваг за допомогою методу найменших квадратів та оптимізації за допомогою генетичного алгоритму.

Метод можна застосовувати для обробки даних у галузях, як-от медична, технічна діагностика, прогнозування та сценарне моделювання.

Ідентифікація – це процес побудови математичної моделі, яка визначає взаємозв'язок між концептами та експериментальними даними (Эйкхофф, 1974; Ципкін, 1984; Ljung, 1999). Зазвичай задачу ідентифікації вирішують у два етапи. На першому етапі відбувається «груба» побудова моделі, що апроксимує зв'язки між концептами і корегується параметрами налаштування. На другому етапі йде процес підбору параметрів, що мінімізує відстань між модельними та експериментальними даними. Ідентифікація використовується для опису параметрів і структур математичної моделі, які найкраще описують поведінку реальної системи. Цей етап є ключовим для створення точних і коректних моделей, які можуть бути використані для прогнозування, аналізу і прийняття рішень.

Основи теорії ідентифікації були закладені в роботах Н. Вінера, А. Н. Колмогорова та Р. Кальмана.

Об'єктом дослідження є нелінійні залежності зі входами та виходами в медицині, економіці, бізнесі та інших галузях.

Предметом дослідження є ідентифікація нелінійних залежностей на основі спостережень, як-от експериментальні дані або експертні оцінки, за допомогою НKK.

Метою роботи є розробка взаємопов'язаного комплексу математичних моделей, алгоритмів і програмного забезпечення для ідентифікації нелінійних залежностей.

Наукова новизна методу буде визначатися перевагою цього методу, порівняно з наявними аналогами, як-от методи ідентифікації на основі нечітких правил і відношень [1].

Практична цінність роботи полягає у створенні експертно-моделюючої системи, яку можна використовувати для розв'язання задач ідентифікації в різноманітних задачах обробки даних для прогнозування, діагностики та прийняття рішень.

Методами дослідження є нечітка логіка, генетичні алгоритми, нейронні мережі та комп'ютерний експеримент.

Останні дослідження з цієї тематики перераховані в багатьох відомих наукометричних базах даних, де можна знайти застосування окремо нечітких когнітивних карт для вирішення задач моделювання комплексних систем керування або модулів таких систем, наприклад, у статті «A generalised fuzzy cognitive mapping approach for modelling complex systems» [2].

Вибір НКК як інструменту для моделювання дасть можливість застосувати як індуктивний та дедуктивний підхід до моделювання. Якщо концепти інтерпретуються як вхідні та вихідні змінні, то НКК виступатиме індуктивною моделлю. Якщо концепти і зв'язки між ними інтерпретуються як задана структура системи, то НКК виступатиме як модель дедуктивного виведення значень концептів на кожній ітерації моделювання. Один із алгоритмів – це формула покрокової динамічної зміни значень концептів:

$$A_i^{k+1} = A_i^k + \sum_{j=1}^n (A_j^k - A_j^{k-1}) \cdot w_{ji}, \quad (1)$$

де A_i^{k+1} – це значення концепту в кроці $k + 1$;

A_j^k та A_i^k – це значення концептів в кроці k ;

w_{ji} – вплив концептів один на одного;

A_j^{k-1} – це значення концепту на попередньому кроці.

Так, наприклад, нечітка когнітивна карта з п'ятьма концептами, де чотири з них – вхідні параметри, що впливають на результат прогнозування, і п'ятий – це відповідно сам результат прогнозування. Приклад такої когнітивної карти видно на рис. 1.

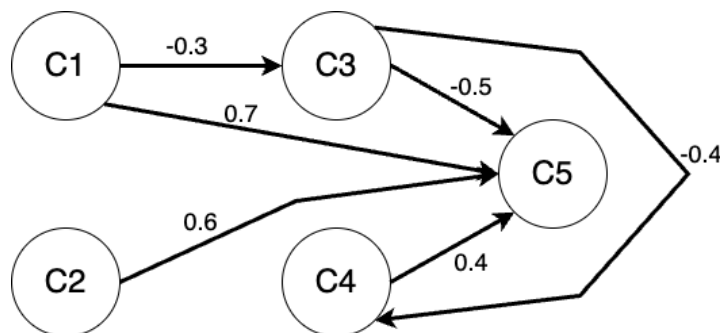


Рисунок 1 – Візуальне представлення нечіткої когнітивної карти із вагами дуг впливів

Щоб вирішити проблему оптимізації, можна використати генетичний алгоритм. Алгоритм працює з популяцією можливих рішень, які називаються

хромосомами. Він імітує процеси еволюції, як-от схрещування, мутація і відбір. Псевдокод такого алгоритму виглядає так:

Початок

Ініціалізувати початкову популяцію $P(t)$

Оцінити популяцію $P(t)$ за допомогою функції пристосованості

Поки (умови завершення не виконано) **робити**

Виконати операцію схрещування для отримання нових хромосом $C(t)$

Виконати мутацію хромосом $C(t)$

Оцінити нову популяцію $C(t)$ за допомогою функції пристосованості

Вибрати нову популяцію $P(t+1)$ на основі $P(t)$ і $C(t)$

$t = t + 1$

Кінець поки

Кінець

У випадку ідентифікації нелінійних залежностей хромосомою буде виступати рядок ненульової матриці елементів $W_0 = [w_{ji}]$, $w_{ji} = R[\underline{w_{ji}}, \overline{w_{ji}}]$, де $R = [\underline{x}, \overline{x}]$ – це операція знаходження випадкового значення рівномірно розподіленого в інтервалі $[\underline{x}, \overline{x}]$; W_0 – це матриця сил впливів дуг.

У цій тезі запропоновано підхід використання НКК як альтернативи багатовимірному регресійному аналізу для вилучення зв'язку концептів з експериментальних даних. Концепти – це вхідні дані, що залежать від взаємодії один з одним завдяки вагам дуг, що визначаються декількома етапами. Пропонується використати генетичний алгоритм для вирішення проблеми оптимізації.

Список використаних джерел

1. Fuzzy cognitive map and mean square method in empirical modeling: Application in economics / A. Rotshtein, A. Yosef, T. Neskorodeva, D. Katielnikov. *Expert Systems with Applications*. 2024. Vol. 247. P. 4–5. DOI: 10.1016/j.eswa.2024.123176.
2. Nair A., Reckien D., Maarseveen M. F. A. M. A generalised fuzzy cognitive mapping approach for modelling complex systems. *Applied Soft Computing*. 2019. Vol. 84. P. 1–2. DOI: 10.1016/j.asoc.2019.105754.
3. Rotshtein A. P., Rakytyanska H. B. Fuzzy Evidence in Identification, *Forecasting and Diagnosis*. Heidelberg: Springer. 2012. Vol. 275. P. 330. DOI: 10.1007/978-3-642-25786-5_1.

УДК 004.94 +519.876.5

Семенюк А. М., здобувач вищої освіти,
Якубич К. О., асистент кафедри
інформаційних технологій

СИСТЕМА ЕКСПЕРТНОЇ ОЦІНКИ НА БАЗІ FUZZY LOGIC

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У цій роботі розглядається медична система експертного типу, яка дає змогу використовуючи об'єктивну оцінку стану особи, що представлена у вигляді