УДК 681.5.015:007

О.П. РОТШТЕЙН
Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, Україна;
Академічний центр Лева, Єрусалимський технологічний коледж, Єрусалим, Ізраїль,
e-mail: *rothstei@g.jct.ac.il.*

О.О. РУСАВСЬКИЙ
Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, Україна,
e-mail: *rusavskyi.o@donnu.edu.ua*.

ПРОЄКТУВАННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ НЕЧІТКИХ КОГНІТИВНИХ КАРТ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

Анотація. Нечіткі когнітивні карти є зручним засобом моделювання узагальнених динамічних систем, які є сукупностями об'єктів і процесів, що взаємодіють між собою та змінюються в часі. Основою моделювання за допомогою нечітких когнітивних карт є сили впливу змінних системи (концептів) один на одного. Вибір сил впливу концептів — це найбільш складний і відповідальний етап моделювання узагальнених динамічних систем. У цій статті представлено методику проєктування і налаштування нечітких когнітивних карт за допомогою інтеграції парних порівнянь та генетичного алгоритму. Для етапу проєктування НКК запропоновано метод найменшого впливу, який використовує 9-бальну шкалу Сааті, але не потребує трудомістких процедур побудови та оброблення повної матриці парних порівнянь. Застосування методу найменшого впливу знижує рівень суб'єктивності експерта і підвищує довіру до результатів моделювання на основі так званої чистої (pure) нечіткої когнітивної карти, коли відсутні експериментальні дані і доступна лише експертна інформація. На етапі налаштування використано навчальну вибірку з багатьма входами та багатьма виходами та генетичний алгоритм, який оптимізує експертні оцінки сил впливу за критерієм близькості результатів моделювання та спостережень. Проєктування і налаштування нечітких когнітивних карт проілюстровано прикладом автотранспортного підприємства, що є типовим представником класу узагальнених динамічних систем.

Ключові слова: нечітка когнітивна карта, метод найменшого впливу, шкала Сааті, генетичний алгоритм, автотранспортне підприємство.

DOI 10.34229/KCA2522-9664.26.6.12

ВСТУП

Узагальнені динамічні системи (УДС), за визначенням В.М. Глушкова [1], є сукупністю взаємопов'язаних об'єктів і процесів, що змінюються в часі. До класу УДС належать промислові підприємства, живі організми, бойові дії та інші системи в економіці, соціології, екології тощо, які характеризуються великою кількістю змінних, що взаємодіють між собою, і невизначеністю інформації, яка часто має експертний характер. У роботі [2] показано, що нечіткі когнітивні карти (НКК) Б. Коско [3], є зручним засобом розроблення моделей для сценарного аналізу УДС на основі мінімальної інформації.

Нечіткі когнітивні карти дають змогу відобразити причинно-наслідкові зв'язки між змінними системи у вигляді орієнтованого графу, вершини якого — це концепти, тобто змінні системи, а ваги дуг — сили впливу концептів один на одного. Визначення множини концептів та їхніх сил впливу — найбільш відповідальна і важко формалізована задача, від правильності розв'язання якої залежить успіх моделювання за допомогою НКК. У більшості застосувань НКК [4–6] для визначення сил впливу концептів використовують експертні оцінки. Отримання таких оцінок викликає в експерта значні сумніви й супроводжується високим рівнем суб'єктивності. Досить важко вказати число, що характеризує силу впливу заданого концепту на інші концепти. Набагато легше порівняти сили впливу двох концептів за шкалою «більше–менше». Це наво-

© О.П. Ротштейн, О.О. Русавський, 2026