

УДК 004.89

**РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ  
УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

**DEVELOPMENT OF INTELLECTUAL TECHNOLOGIES FOR  
CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES**

*Н.М. Лазарева, О.В. Лазарєв*

*Український державний університет залізничного транспорту*

*N.M. Lazarijeva, O.V. Lazarijev*

*Ukrainian State University of Railway Transport*

Інтеграція України в європейську та світову економіку викликає потребу у високорозвиненій транспортній системі. Існуюче конкурентне середовище ставить високі вимоги до оснащення новітніми системами автоматизації та управління. Залізнична галузь має працювати за новими принципами, що відповідають сучасним світовим тенденціям, роблять її функціонування ефективним та стимулюють подальший розвиток. Це означає втілення сучасних інформаційних технологій і систем. Інтелектуальні методи та моделі знаходять застосування в різних галузях при моделюванні дій людини-оператора, що керує системами та процесами, спираючись на власний досвід.

Метою є огляд сучасних досягнень та тенденцій розвитку інформаційних технологій штучного інтелекту та м'яких обчислень для реалізації керування технологічними процесами й системами.

Для функціонування транспортних систем застосовуються дані з датчиків, породжені взаємодією багатьох факторів на різних рівнях функціонування системи. Ці рівні відповідають певним абстракціям при побудові систем управління. Для забезпечення функціонування мають застосовуватися змінні шари нейронної мережі, що реалізує алгоритм управління. У роботі [1] Omolbanin Yazdanbakhsh і Scott Dick застосували нейро-нечітку систему, що інтегрує правила нечітких міркувань у коннекціоністські мережі. На відміну від існуючих нейро-нечітких систем, було застосовано глибоке навчання, що має значну перевагу та дозволяє зробити більш глибоке узагальнення. Авторами розроблено нові операції нечіткого висновку та нечіткого об'єднання на основі нечіткої моделі TSK. Застосування глибокого навчання дозволяє використати ідею ієрархічних факторів, де з нижчого рівня відбувається навчання вищого рівня. Таким чином, вихоплюються ознаки, що є корисними для навчання.

З метою покращення якості керування, що є одним з визначних факторів на транспорті, доцільним є застосування адаптивних моделей

управління. У роботі [2] Bodyanskiy і Tishchenko застосували структуру гібридної каскадної нейронної мережі, що заснована на нео-нечітких елементах та застосували правила адаптивного навчання – продовження структурної адаптації каскадів до досягнення необхідної точності. Застосована процедура швидкого навчання забезпечує on-line роботу з нестационарними потоками даних.

При багатовимірності та невизначеності у системі, існує проблема ідентифікації стану й забезпечення прогнозування поведінки динамічного процесу. У роботі [3] пропонується багатоваріантна гібридна нейро-нечітка модель, що вирізняється окремим послідовним блоком для кожного виходу, який налаштовується лише на його вихідну помилку та вилучає додаткову інформацію шляхом обробки вхідного вектора, включаючи значення затримки інших змінних, що є важливим у транспортних системах. Таким чином, модель має здатність неявно обробляти складні взаємні кореляційні залежності між вхідними змінними.

Високі вимоги до ефективності та якості управління дозволяють задовольнити сучасні методи інтелектуалізації процесів. Dongjiao Ge та Xiao-Jun Zeng у роботі [4] представили цікавий алгоритм навчання в режимі on-line для потоків даних у саморозвиваючій нечіткій системі (SEFS). Використовуються on-line помилки навчання, що вимірюють якість ідентифікованої моделі у потоку даних. Це є параметром самонастроювання й дозволяє автоматично встановити динамічний поріг для генерації правил. Система SEFS спирається на два факти:

– великі помилки є недостатньо підбраною моделлю, яка є надто грубою для складної поведінки динамічного процесу, що потребує додавання більш тонких правил;

– дуже малі помилки відображають надмірно підбрану модель, що може представляти незначну динамічну поведінку керованого процесу.

Автори застосовують зважений рекурсивний алгоритм найменшого квадрата зі змінним коефіцієнтом забування.

Застосування новітніх методів та сучасних інформаційних технологій, що мають природу функціонування, наближену до розумової діяльності, для зниження негативного впливу «людського фактора» є надзвичайно важливими.

[1] Yazdanbakhsh O., Dick S. A Deep neuro-fuzzy network for image classification. // *Neural and Evolutionary Computing*: arXiv:2001.01686v1 [cs.NE] 22 Dec 2019.

[2] Bodyanskiy Y., Tyshchenko O. A hybrid cascade neuro-fuzzy network with pool of extended neo-fuzzy neurons and its deep learning. // *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*: Volume 29 – Issue 3 (September 2019), pp.: 477–488.

[3] Vlasenko A., Vlasenko N., Vynokurova O., Peleshko D. A novel neuro-fuzzy model for multivariate time-series prediction: 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Lviv, Ukraine, 21–25 August 2018; Lviv Polytechnic Publishing House: Lviv, Ukraine, 2018; pp. 352–356.

[4] Ge D., Zeng X. A self-evolving fuzzy system which learns dynamic threshold parameter by Itself. // *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 27, no. 8, pp. 1625–1637, Aug. 2019.