

УДК 004.032.26:656

НЕЙРО-НЕЧІТКА МЕРЕЖА ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ СОРТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ПОШТОВИХ ВІДПРАВЛЕНЬ

Гребеннік І.В., Коваленко О.А.

e-mail: igor.grebennik@nure.ua, oleksii.kovalenko3@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. СТ
м. Харків, Україна

The paper deals with the stages of creating a neuro-fuzzy network for automated sorting lines (ASL) of parcel sorting centres. The neuro-fuzzy network based on fuzzy classification performs parcel sorting by two criteria, taking into account the weight, as well as joint consideration of weight and dimensions. According to the results of testing of the model its performance is confirmed. The developed neuro-fuzzy network can be used in automatic sorting lines of various purposes with uncertainty of conditions for determining the parameters of weight and dimensions of transported goods.

Глобальний розвиток електронної комерції обумовлює постійно зростаючу складність логістики, зв'язаної з доставкою пошти. Одним зі шляхів підвищення ефективності обробки об'єктів поштових відправлень (ОПВ) є використання промислової автоматизації у вигляді автоматизованих сортувальних ліній (ASL – Automated Sorting Line) зі стрічковими конвеєрами-транспортерами [1]. Такими лініями оснащуються центри сортування посилок (PSC – Parcel Sorting Centres), які є перевалочними пунктами мережі доставки логістичних компаній.

Перевалочні PSC, що входять до логістичної мережі доставки, призначені для прийому вантажівок з ОПВ, їх розвантажування, сортування ОПВ за терміналами, які пов'язані з напрямками доставки (визначається під час сканування QR-кодів ОПВ), та подальшого завантаження транспортних засобів для відправки до наступного PSC. Модель управління ASL виконує завдання сортування ОПВ та їх транспортування до визначеного завантажувального терміналу.

У доповіді розглядаються недоліки моделі прийняття рішень ASL під час сортування ОПВ. Ці недоліки пов'язані з тим, що сортування проводиться без врахування габаритних параметрів ОПВ (висота, глибина, ширина) і ваги, що призводить до ризиків їх пошкодження під час завантаження та транспортування.

Для усунення цих недоліків створена нечітка модель прийняття рішень ASL, яка реалізується за допомогою нейро-нечіткої мережі. Розробка нечіткої нейронної мережі проводилася в три етапи.

На першому етапі розроблена нечітка модель прийняття рішень для сортування ОПВ [2]. Вона реалізує нечітку класифікацію ОПВ за його параметрами ваги і габаритів. За класифікацією ОПВ визначається номер завантажувальної двері терміналу. Процес класифікації реалізується на

основі алгоритму нечіткого виведення Сугено. Нечітка модель прийняття рішень має чотири входи й один вихід. Вхідними чіткими параметрами є вага і габарити ОПВ: висота, ширина і глибина. Вихідним чітким параметром моделі є номер завантажувальної двері, що визначається за результатом нечіткої класифікації.

На другому етапі проводилось дослідження можливих варіантів реалізації нейро-нечіткої мережі. У якості варіантів розглядалися алгоритми Сугено-Такагі, Такагі-Сугено-Канга і Ванга-Менделя [3]. За проведеним дослідженням обраний алгоритм Такагі-Сугено-Канга (TSK – Takagi-Sugeno Kanga).

На третьому етапі проводилася розробка нейро-нечіткої мережі її тестування та моделювання. Нейро-нечітка мережа TSK має таку структуру:

- шар 1 – відповідає за обчислення значень функцій приналежності для вхідних значень параметрів ОПВ (рівень фазифікації);

- шар 2 – відповідає за агрегування функцій належності вхідних значень параметрів ОПВ до термів антецедентів нечітких правил, визначаючи ступінь (вагові коефіцієнти) виконання правила (рівень активації правила);

- шар 3 – відповідає за обчислення значень функцій консеквентів нечітких правил з урахуванням їх рівнів активації (вагових коефіцієнтів) отриманих на попередньому шарі;

- шар 4 – відповідає за агрегацію висновків правил попереднього шару і формує попередні обчислення для дефазифікації;

- шар 5 – відповідає за нормалізацію агрегації результатів нечітких правил та формування вихідного дефазифікованого (чіткого) значення.

Для тестування нейро-нечіткої мережі використовували випадкові вибірки значень параметрів ОПВ, сформовані за рівномірним законом розподілу. Під час тестування досліджувались два фактори, що впливають на точність класифікації ОПВ – це вплив обраного алгоритму навчання (обрано гібридний алгоритм навчання) і вплив розміру навчальної вибірки. Проведене тестування підтвердило можливість використання нейро-нечіткої мережі TSK для сортування ОПВ.

Список використаних джерел:

1. Iconvey Automated Sorting Line : вебсайт. URL: <https://www.iconveytech.com/modular-belt-intelligent-sorting-system/> (дата звернення 03.04.2025).

2. Гребеннік І.В., Коваленко О.А. Нечітка модель прийняття рішень для автоматичної сортувальної лінії пошти. АСУ і прилади автоматики.2024. № 1(180). С.16–26.

3. Himanshu S., Yunis A.L. Deep Neuro-Fuzzy Systems with Python : With Case Studies and Applications from the Industry. Apress, 2020. 260 p.