

8. Джумабаев С.М., Туйчиев Э.Т., Худайберганов К., Турдиматов О.С. Прогнозирование погрузки контейнеров на 5-7 суток для оперативного планирования работы контейнерного пункта // Сб. научных трудов / ТашИИТ, 1976. С. 3-12.
9. Исследование операций: В 2-х томах. Пер. с англ./Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. – М.: “Мир”, 1981. Т. 1. 712 с., ил.
10. Мельник И.М. Экстремальные задачи на динамических сетях и методы их решения // Автоматизированные системы на транспорте. – К.: ИК АН УССР, 1981. – С. 44-50.
11. Потгофф Г. Учение о транспортных потоках (перевод с немецкого). – М.: Транспорт, 1979. – 324 с.
12. Правила користування вагонами та контейнерами: Наказ МТУ від 29.02.99 № 113. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 15.03.99 за № 165/3458.
13. Правила эксплуатации, пономерного учета и расчетов за пользование грузовыми вагонами собственности других государств. Утверждены на совещании уполномоченных представителей железнодорожных администраций 24 мая 1996 г. с изменениями и дополнениями в соответствии с решениями заседания Совета по железнодорожному транспорту от 05.04.1996 г., 16.10.1996 г., 25.01.1997 г., 01.10.1997 г., 04.03.1998 г., 05.06.1998 г., 04.11.1998 г., 28.05.1999 г., 07.03.2001 г.
14. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. – К.: Техника, 1975. – 766 с.
15. Федотов Н.И., Быкадоров А.В. Применение теории вероятности в транспортных расчетах. Учебное пособие для студентов и инженеров железнодорожного транспорта. – Новосибирск: НИИЖТ, 1969. – 188 с.

УДК 656.212.5

*Лаврухін О.В., к.т.н., доцент (ХарДАЗТ)
Петрушов В.В., аспірант (ХарДАЗТ)*

ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ НЕЧІТКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВУЗЛА

Вступ. Залізничний вузол представляє собою складний комплекс технічно та технологічно пов'язаних між собою елементів (станції, депо). Всі ці елементи характеризуються власними вагонопотоками, які у сукупності представляють собою загальну роботу вузла. Окрім цього, вони виконують певну роботу, яка впливає на стан вузлових вагонопотоків.

Актуальність проблеми. Розвиток ринкових відносин та змін принципів функціонування основних галузей промисловості призвели до того, що концепція роботи залізниці потребує корінних змін. В першу чергу це стосується методів управління. Зараз на перший план виходять інтенсивні методи, які дозволяють підвищувати ефективність виробництва без збільшення технічних засобів. Одним з таких є метод підтримки оперативних рішень, що базується на безпосередньому застосуванні автоматизованих засобів обробки інформації. Ці засоби дозволяють оперативному робітнику, користуючись програмою на власному АРМі, отримувати оцінку всіх можливих варіантів рішення для конкретної ситуації і обирати найбільш ефективний з них, спираючись не на власні розрахунки та досвід, а на багатофакторний аналіз подібних ситуацій, що відбувались у минулому.

Звичайно такі засоби потребують серйозного математичного апарату, який зможе не тільки обробляти і зберігати великий обсяг даних, а й поповнювати їх і швидко адаптуватися до мінливих умов.

Однією з ключових проблем управління вагонопотоками є організація роботи залізничного вузла. Вона потребує системи, яка б враховувала різні процеси, що відбуваються на об'єкті, а також те, що більшість з них не можуть бути чітко визначені та формалізовані. Окрім цього, залізничний вузол — динамічний об'єкт, параметри якого постійно змінюються. Тому система повинна постійно адаптуватися [1] до подібних змін.

Найбільш доцільним для вирішення цієї задачі виглядає використання апарату нечітких нейронних мереж.

Огляд робіт. Ідея використання апарату штучних нейронних мереж була запропонована ще в середині минулого століття американськими вченими. Деякі задачі, які встали перед наукою того часу, вимагали для свого розв'язання систем, що здатні використовувати власний досвід, тобто самонавчатися. Для створення таких систем необхідний був принципово новий математичний апарат, оскільки класична математика не в змозі була вирішити поставлену задачу. Тому виникла ідея використання біологічного прототипу — людського мозку, який здатний вирішувати велику кількість задач одночасно та використовувати накопичений досвід у подальшій діяльності. Функціонування нейронів мозку та зв'язків між ними було вивчено у роботах. Тут же були запропоновані перші моделі штучних нейронів. Це каталізувало процес більш глибокого вивчення людського мозку та можливостей використання нейронних мереж для вирішення практичних задач.

Для вирішення комплексних задач управління пропонується багато різних методик (теорія управління, нечіткі множини, методи кінцевих автоматів). Кожен має свої переваги та недоліки, однак для вирішення проблеми організації роботи на залізничному транспорті (і конкретно у вузлі), вони підходять не в повній мірі, оскільки, потрібна така система, яка може адаптуватися до можливих змін параметрів об'єкту. Такою здатністю володіють саме системи, побудовані на основі апарату штучних нейронних мереж [2]. Причому класичні нейронні мережі (когнітрон, АРС-мережі) також не вирішують поставлених задач через невизначеність вхідних потоків та величин впливу елементів вузла. Тут потрібні системи, які об'єднують в собі здатність до навчання і корегування нейронних мереж та можливість формалізації невизначених ситуацій, яку надає апарат нечіткої логіки — нечіткі нейронні мережі та системи. Саме такий апарат дає можливість змоделювати реальну робочу ситуацію на залізничному вузлі та допомогти робітнику прийняти вірне рішення.

Основна частина. Елементами нейронної мережі є нейрони, кожен з яких складається з трьох частин: множників-синапсів; суматора та нелінійного перетворювача. Синапси виконують зв'язок між нейронами. Кожен синапс характеризується вагою, яка показує на скільки множиться вхідний сигнал. Суматор виконує процес складання сигналів, що надходять з кожного синапсу. Нелінійний перетворювач реалізує нелінійну функцію одного аргументу — виходу суматора. Ця функція має назву функції активації або передавальної функції нейрона.

Тепер представимо систему управління залізничним вузлом як нейронну мережу N . Ця система моделює процес переміщення вагону у залізничному вузлі. Кожен нейрон відображає технологію взаємодії окремих об'єктів, що забезпечують рух вагонопотоку. Математична модель кожного нейрона має вигляд

$$s = \sum_{i=1}^k w_i x_i + \delta, \quad (1)$$

де k — кількість синапсів, через які поступає вхідний сигнал. Синапсами можуть представляти собою модель будь-якого пристрою, через який проходить вагонопотік;

δ — довільне зміщення, яке виникає у результаті роботи відповідного об'єкту через які-небудь фактори, не пов'язані з технологічним процесом.

x_i — вхідний потік. Під вхідним потоком розуміємо надходження вагонів у вузол за T — проміжок часу у годинах;

w_i — вага відповідного синапса, тобто час, який потік затрачує на проходження цього синапсу.

Вихідний потік, який формується нейроном, визначається за формулою

$$y = f(s), \quad (2)$$

де f — активаційна функція, яка характеризує залежність між вхідним та вихідним потоком.

Активаційна функція для вузлових нейронів може бути визначена як

$$f(s) = \begin{cases} as, & \text{при } s > 0 \\ 0, & \text{при } s = 0 \end{cases}, \quad (3)$$

де a — лінійний коефіцієнт.

Вихідний потік, що формується мережею, є характеристикою її роботи. Тому в якості вихідного потоку Y пропонується використати середній простій вагона у вузлі. Тоді лінійний коефіцієнт має вигляд

$$\alpha = \frac{1}{N_{np}}, \quad (4)$$

де N_{np} — кількість вагонів, що надійшли у вузол за час T .

Мережа, яка керує роботою вузла, має важливу функцію — зворотній зв'язок. В цій моделі інформація від наступного шару передається і на попередній. Для вузлової моделі це дуже важливо, оскільки інформація про проходження складу після його відправлення потрібна для організації руху наступних. Введення зворотніх зв'язків посилює стійкість мережі, оскільки нейрони попередніх шарів одразу отримують інформацію про помилку і швидше її виправляють.

Залізничний вузол взагалі та його елементи зокрема мають декілька різних типів нейронів, що підвищує потужність всієї системи. Крім цього, принципова схема зв'язку між нейронами (маршрут руху потоку) може змінюватися при завантаженні деяких каналів, що збільшує пропускну спроможність мережі.

Найбільш важливим є правильний вибір структури нейронної мережі та методу її навчання. Структурно залізничний вузол представляє собою

тришарову нечітку нейронну мережу з частково послідовним зв'язком (деякі нейрони вхідного та вихідного шарів можуть бути зв'язані безпосередньо між собою). В такій системі взаємозв'язок між вхідним та вихідним потоками може бути виражений формулою

$$Y = f(X) + e, \quad (5)$$

де $f(X)$ — функція перетворення невідомого вигляду, e — випадкова аддитивна перешкода, яка відбиває вплив елементів вузла, з нульовим череднім значенням та довільним розподілом на $(-\varepsilon; \varepsilon)$.

Використання нечітких систем управління дозволить зробити систему більш стійкою в умовах невизначеності параметрів потоків.

Для навчання таких систем найбільш доцільно використовувати генетичні алгоритми, які функціонують на зразок своїх біологічних аналогів. Такий метод дозволяє значно швидше знаходити оптимальні значення функцій, дозволяє виконувати навчання мережі з толерантністю до 0,02 (тобто відхилення реальних вихідних потоків від еталонних становить не більше 2%). При цьому генетичний алгоритм не потребує знаходження похідних від функцій, а використовує безпосередньо цільову функцію. Недоліком цього способу є складність кодування параметрів.

Висновок. Використання апарату нейронних мереж для створення системи управління експлуатаційною роботою вузла (системи підтримки оперативних рішень) дозволить вирішити проблеми координування дій окремих елементів (станцій, депо), що в свою чергу допоможе скоротити простої вагонів всіх категорій. Насамперед, це прискорить рух транзитних вагонопотоків, що суттєво скоротить термін доставлення вантажу і дасть нові можливості щодо збільшення прибутків залізниці.

Список літератури

1. Данько М.І., Петрушов В.В. До питання про створення адаптивної системи управління роботою вузла. УкрДАЗТ, зб. наукових праць, 2004 рік.
2. В.В. Круглов, В.В. Борисов. Искусственные нейронные сети. 2-е издание. Москва, Горячая линия — Телеком, 2002.
3. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей. — М.: СП ПараГраф, 1991.