

ЛАВРУХІН О.В. , доцент (УкрДАЗТ);
ШАПКА М.О. , магістр (УкрДАЗТ).

Формування моделі управління процесом просування поїздопотоків в умовах стабілізації обігу вантажного вагону

Актуальність теми

На даний момент постає питання зменшення значного числа перевізних засобів при збереженні обсягів роботи. Для раціоналізації використання вагонного парку, покращення якісних та кількісних показників роботи станцій необхідно намагатися зменшувати, всіма можливими способами, час обігу вантажного вагону шляхом дотримання встановлених технологічними нормативами значень.

В умовах ринку транспортних послуг необхідно приділяти більше уваги щодо якісного обслуговування кожного клієнта. Для підтримки конкурентоспроможності залізниць, заохочування нових клієнтів необхідно впроваджувати нові технології їх щодо покращення використання технічних засобів транспорту шляхом впровадження інформаційно-керуючих систем.

Якість роботи підрозділів залізничного транспорту в значному ступеню залежить від виконання одного з основних якісних показників – обігу вантажного вагону. Однією з основних задач експлуатації є приведення значення обігу вагону до нормативних значень встановлених технічними нормативами. Вирішення даної задачі повинно базуватися на широкомасштабному застосуванні передових технологій в галузі обчислювальної техніки завдяки яким може бути досягнуто найбільш швидке реагування на зміну показників в динаміці.

Таким чином одним з варіантів вирішення поставленої задачі є прогнозування значення обігу вагону на плановий період з метою виявлення можливих його відхилень протягом визначеного інтерва-

лу часу. На основі даного прогнозу необхідно розробляти оперативні заходи, які будуть спрямовані на зменшення або ліквідацію відхилень нормативних значень обігу вагонів від реального. Це може бути досягнуто шляхом диференціюванню в пропуску поїздів різних категорій в залежності від структури вагонопотоку. Вирішення зазначеної задачі може бути реалізовано при впровадженні автоматизованих систем підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту.

Рішення зазначеної задачі має важливе народногосподарче значення, оскільки дозволяє більш аргументовано вирішувати питання пропуску поїздів по дільницях умови зменшення експлуатаційних витрат та покращення показників роботи. Згідно з цим необхідно формалізувати процеси прогнозування обігу вантажного вагону по категоріям і підрозділам залізниці, а також побудувати модель автоматизованої системи підтримки прийняття рішення оперативним персоналом щодо варіантів пропуску поїздів по дільницях.

Аналіз статистики і визначення основних критеріїв моделі

Виходячи з показників експлуатації залізничної мережі України, залізниці мають певні резерви часу обігу вагона. Якщо прийняти повний час обігу за 100%, то 40-45% цього часу вагон знаходиться на технічних станціях, 30-35% - на станціях де виконуються вантажні операції і тільки 20-25 часу за обіг вагон знаходиться на дільницях, причому в чистому русі (за винятком стоянок поїздів на проміжних станціях) – біля 15-20%. Звідси виходить, що основні резерви для прискорення обігу ваго-

на заключаються в покращенні роботи залізничних станцій та дільниць [1].

Скорочення часу обігу вагона може бути одержано за рахунок зменшення повного рейсу вагона, підвищення технічної швидкості, зниження кількості тривалості зупинок на проміжних станціях, часу простою під технічними та вантажними операціями, підвищення відстані пробігу поїздів без технічного огляду [1].

В даному випадку задача скорочення часу обігу вантажного вагона повинна вирішуватися в декілька етапів: на першому виконується оперативний аналіз певної категорії обігу вантажного вагона з виявленням (прогнозуванням) відхилень від нормативного обігу у бік збільшення або зменшення; на другому етапі необхідно виконувати оперативне корегування вагону- і поїздопотоків для ліквідації збільшення часу на обіг.

У якості критеріїв раціонального управління поїзною роботою у межах дирекції пао залізничним перевезенням (ДН) пропонується наступна сукупність критеріїв якості управління фізичною основою яких є дотримання нормативного обігу для всіх категорій вантажних вагонів за період оперативного планування, тобто за добу:

- для місцевих вагонів

$$C_{1M} = \int_0^{24} |Q_m^H - Q_m(t)| dt \Rightarrow 0, \quad (1)$$

де Q_m^H - нормативне значення обігу місцевого вагону (згідно технічних нормативів);

$Q_m(t)$ - розрахункове (прогнозне) поточне значення обігу місцевого вагону.

- для порожнього вагону

$$C_{2n} = \int_0^{24} |Q_n^H - Q_n(t)| dt \Rightarrow 0, \quad (2)$$

де Q_n^H - нормативне значення обігу порожнього вагону (згідно технічних нормативів);

$Q_n(t)$ - розрахункове (прогнозне) поточне значення обігу порожнього вагону.

- для транзитного вагону

$$C_{3mp} = \int_0^{24} |Q_{mp}^H - Q_{mp}(t)| dt \Rightarrow 0, \quad (3)$$

де Q_{mp}^H - нормативне значення обігу транзитного вагону (згідно технічних нормативів);

$Q_{mp}(t)$ - розрахункове (прогнозне) поточне значення обігу транзитного вагону.

- для навантаженого вагону

$$C_{4нав} = \int_0^{24} |Q_{нав}^H - Q_{нав}(t)| dt \Rightarrow 0, \quad (4)$$

де $Q_{нав}^H$ - нормативне значення обігу навантаженого вагону (згідно технічних нормативів);

$Q_{нав}(t)$ - розрахункове (прогнозне) поточне значення обігу навантаженого вагону.

Для оцінки якості управління поїздопотоків на полігонах ДН в цілому сформовано суперкритерій в адитивній формі:

$$C = C \sum_{i=1}^4 C_i \Rightarrow 0, \quad (5)$$

Після того як було сформовано суперкритерій для оцінки якості управління поїздопотоків на полігонах ДН, постає задача визначення елементів $Q_m(t)$, $Q_n(t)$, $Q_{mp}(t)$.

Розглянемо можливість вирішення задачі розробки моделей, які дозволяють визначити та спрогнозувати обіг вантажних вагонів з урахуванням існуючого оперативного та змінно-добового плану рівня

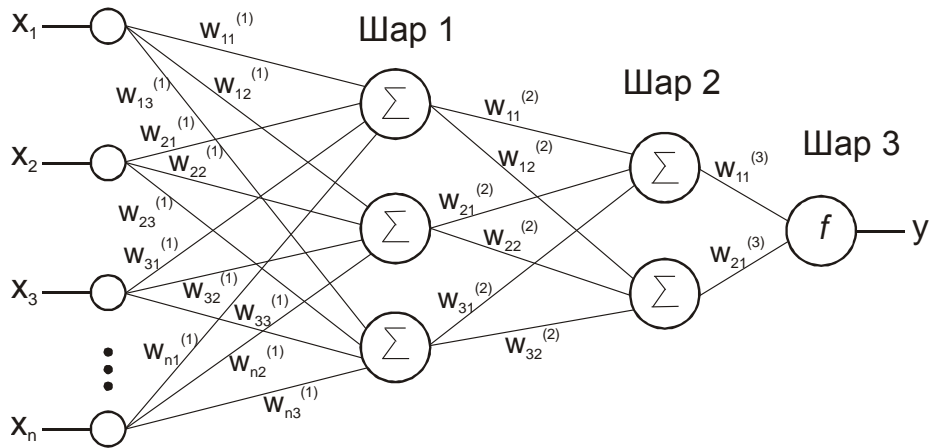
залізниці (визначення елементів $Q_m(t)$, $Q_n(t)$, $Q_{mp}(t)$, $Q_{mp}(t)$) з використанням математичного апарату нейронних мереж.

Побудова моделі аналізу виконання обігу вантажних вагонів дирекції базується на аналізі статистичних і динамічних даних по виконанню якісних показників роботи і їхніх елементів.

Формування моделі оперативного визначення часу обігу вантажного вагону

Побудова моделі прогнозу виконання обігу вантажних вагонів по ДН та залізниці в цілому повинна базуватися на аналізі статистичних і динамічних даних щодо виконання якісних показників роботи та їх елементів.

Як відзначено в [2, 3], будь-яку безперервну функцію від n змінних можна точно реалізувати за допомогою тришарової нейронної мережі (рис. 1):



де $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ - вхідний шар (відповідає вхідним параметрам)

Рис. 1. - Тришарова нейронна мережа прогнозування обігу вантажного вагону

При навчанні даної мережі доцільно використовувати алгоритм навчання з вчителем, тому що відомі як вхідні так і вихідні вектори мережі. З аналізу статистичних даних доцільно обирати значення елементів обігу вагона за визначений період і безпосереднє значення самого обігу вагона. Тобто, існують пари вхід+вихід – відомі умови задачі і рішення. У процесі навчання мережа змінює свої параметри й вчиться давати потрібне відображення $X \rightarrow Y$, тобто при наданні вхідного вектору даних, які характеризують обіг певної категорії вагона послідовно надається відповідне бажане його значення для цих параметрів. Для цього необхідно задати множину пар векторів $\{x^p, d^p\}$, $p = 1 \dots P$, де $\{x^p\} = \{x^1, \dots, x^p\}$ - формалізована умова

задачі (набір статистичних даних вхідних параметрів, які характеризують обіг певної категорії вагона), а $\{d^p\} = \{d^1, \dots, d^p\}$ - відоме рішення для цієї умови, тобто бажані його значення для обраних параметрів. Сукупність пар $\{x^p, d^p\}$ складає навчальну множину. P – кількість елементів у навчальній множині.

Згідно розглянутих категорій обігу вантажного вагона необхідно сформулювати вхідні вектори. Причому в даному випадку доцільно побудувати нейронні мережі для визначення прогнозного часу для транзитного, місцевого та порожнього вагонів оскільки обіг вантажного вагона більшим чином є звітним показником, який формується з перших двох зазначених категорій.

Таким чином вхідними параметрами для розрахунку прогнозного значення обігу транзитних вагонів будуть параметри зазначені в (2.9), а саме: $n_{mp1}^p, n_{mp2}^p, S_{mp}^p$.

Вибір зазначених параметрів ґрунтується на наявності в них ознак оперативності елементів обігу транзитного вагону. Таким чином розробивши нейронну мережу, яка буде навчена на наборі зазначених елементів у подальшому буде одержано можливість прогнозувати значення обігу транзитного вагону на передпланову добу при завданні вхідного вектора (6).

В даному випадку задача відображення <вхід-вихід> має наступний вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} \{n_{mp1}^p\} = \{n_{mp1}^1, \dots, n_{mp1}^p\} \\ \{n_{mp2}^p\} = \{n_{mp2}^1, \dots, n_{mp2}^p\} \\ \{S_{mp}^p\} = \{S_{mp}^1, \dots, S_{mp}^p\} \end{array} \right\} \rightarrow \{Q_{mp}^p\} = \{Q_{mp}^1, \dots, Q_{mp}^p\}, \quad (6)$$

Тобто

$$\left\{ \begin{array}{l} \{n_{mp1}^1\} \\ \{n_{mp2}^1\} \\ \{S_{mp}^1\} \end{array} \right\} \rightarrow \{Q_{mp}^1\}, \quad (7)$$

Для навчання нейронної мережі необхідно передбачити надходження зазначених у векторі (2.35) даних з АСК ВП УЗ.

Як і попередньому випадку вхідний вектор для визначення обігу місцевого вагона буде сформовано з параметрів $n_{m1}^p, n_{m2}^p, S_m^p, t_{zp}^p$. Відображення <вхід-вихід> має наступний вид

$$\left\{ \begin{array}{l} \{n_{m1}^p\} = \{n_{m1}^1, \dots, n_{m1}^p\} \\ \{n_{m2}^p\} = \{n_{m2}^1, \dots, n_{m2}^p\} \\ \{S_m^p\} = \{S_m^1, \dots, S_m^p\} \\ \{t_{zp}^p\} = \{t_{zp}^1, \dots, t_{zp}^p\} \end{array} \right\} \rightarrow \{Q_m^p\} = \{Q_m^1, \dots, Q_m^p\}, \quad (8)$$

Тобто

$$\left\{ \begin{array}{l} \{n_{m1}^1\} \\ \{n_{m2}^1\} \\ \{S_m^1\} \\ \{t_{zp}^1\} \end{array} \right\} \rightarrow \{Q_m^1\}, \quad (9)$$

Як й у випадку з обігом транзитного вагона для навчання нейронної мережі необхідно передбачити надходження зазначених у векторі даних з АСК ВП УЗ.

Вектор <вхід> для визначення обігу порожнього вагона повинен містити набір наступних параметрів: $n_n^p, S_{nm}^p, \kappa_{nm}^p$.

Таким чином вектор <вхід-вихід> має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \{n_n^p\} = \{n_n^1, \dots, n_n^p\} \\ \{S_{nm}^p\} = \{S_{nm}^1, \dots, S_{nm}^p\} \\ \{\kappa_{nm}^p\} = \{\kappa_{nm}^1, \dots, \kappa_{nm}^p\} \end{array} \right\} \rightarrow \{Q_n^p\} = \{Q_n^1, \dots, Q_n^p\}, \quad (2.38)$$

тобто

$$\left\{ \begin{array}{l} \{n_n^1\} \\ \{S_{nm}^1\} \\ \{\kappa_{nm}^1\} \end{array} \right\} \rightarrow \{Q_n^1\}, \quad (2.39)$$

Як й у перших двох випадках для навчання нейронної мережі необхідно передбачити надходження зазначених у векторі даних з АСК ВП УЗ.

Формування вхідного вектору для обігу навантаженого вагону в даному випадку не є доцільним оскільки даний показник носить характеристику звітного і використовується в основному для обліку.

Даний показник, як правило, характеризує усереднений обіг транзитного та місцевого вагонів.

Ілюстрацію процесу навчання нейронної мережі наведено на рис. 2.



Рис.2. - Процес навчання нейронної мережі

На основі статистичних даних отриманих на полігонах Південної залізниці за період 1997-2007 рр. було відповідно до розробленої динамічної моделі прогнозування проведено моделювання роботи сформованої нейронної мережі. Вихідними даними був динамічний ряд значень обігу вантажного вагону по місяцях в межах залізниці.

Отримані залежності дозволяють оцінити внутрішню адекватність моделі прогнозування, що кількісно оцінює точність розрахунків. Підтвердженням цього є той факт, що похибка прогнозування Δ (рис. 2.7) коливається в межах до 6%, що є задовільним для задач такого класу. Значення похибки у таких межах обумовлено структурою моделі, яка враховує практично весь спектр факторів, що характеризує структуру поїздо- та вагонопотоків та значним періодом (5 років) навчання.

Результати моделювання у вигляді прогнозної залежності в порівнянні з реальними значеннями загального обігу вагонів наведено на рис. 3.

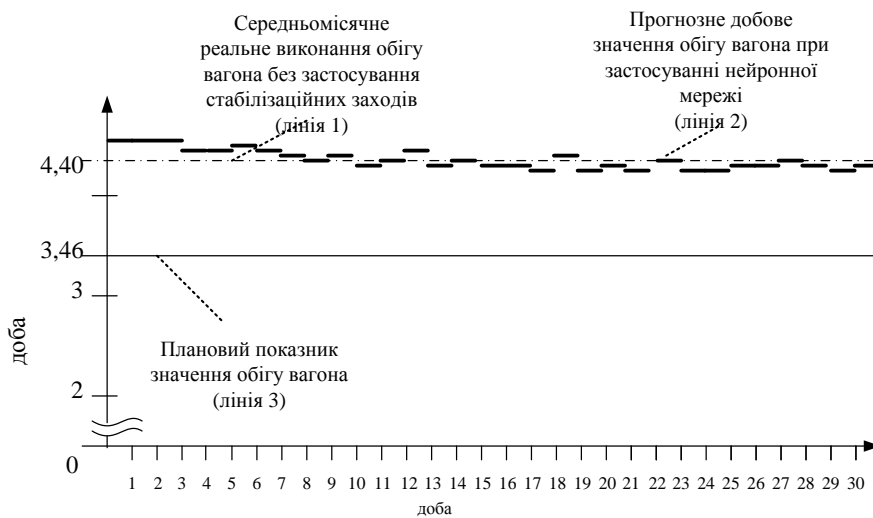


Рис. 3. - Результати прогнозування загального обігу у порівнянні з реальними значеннями обігу.

Відповідно до запропонованого суперкритерію (5) та сформованої нейронної мережі постає задача розробки моделі, що є основою для СППР на АРМ ДНЦ, яка відтворює та враховує пріоритетність у просуванні поїздопотоків, та забезпечує в цих умовах прогнозування реального точного значення обігу вагонів $Q(t)$.

Висновки

В результаті моделювання було розроблено математичну модель системи підтримки прийняття рішень, яка надасть можливості, при промисловому впровадженні, оперативному апарату дирекцій по залізничним перевезенням (поїзні диспетчери) виконувати основні показники технічного нормування (обіг вантажного вагону) на основі обґрунтованих рішень щодо пропуску поїздопотоків. Також запропонована модель динамічного аналізу значення обігу вантажного вагону надає можливості щодо прогнозування відхилень від його нормативних значень, завдяки чому оперативний персонал дирекцій може прийняти завчасних заходів для ліквідації вузьких місць при виконанні поїзної роботи. Запропонована модель динамічного аналізу значення обігу вантажного вагону надає можливості скоротити відхилення нормативного обігу вантажного вагону в межах 20%.

Список використаних джерел

1. Макаренко М.В. Краткий справочник показателей эксплуатационной работы железных дорог Украины. – К.: «Юникон-Пресс», 2001. – 154 с.
2. Струнков Т. Думал ли Гильберт о нейронных сетях? PC Week RE 13/99 / Струнков Т. <http://neuroproject.ru/hilbert.php>
<http://matlab.exponenta.ru/index.php>
3. Доценко Ю.В. Розробка математичної моделі оптимального використання технічних засобів залізниці на основі теорії нейронних мереж / Ю.В. Доценко // Східно-Європейський журнал передових технологій 2005. – 6/2 (18). – С. 37-39.

Анотації:

У статті розглянуті питання удосконалення експлуатаційної роботи на залізничному транспорті шляхом впровадження математичних моделей з можливістю самонавчання.

В статье рассмотрены вопросы усовершенствования эксплуатационной работы на железнодорожном транспорте путем внедрения математических моделей с возможностью самообучения

The questions of improvements of rail-freight operation by introducing the mathematical models with possibility of self-training were considered in the article.