

УДК 656.025:510.223

*Бутько Т.В., проф. (УкрДАЗТ)
Лаврухін О.В., доц. (УкрДАЗТ)
Доценко Ю.В., ст. викл. (ДонІЗТ)*

**УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ
ПРОСУВАННЯ ПОЇЗДОПОТОКІВ НА ОСНОВІ СТАБІЛІЗАЦІЇ
ОБІГУ ВАНТАЖНОГО ВАГОНУ**

Актуальність теми. Зараз гостро 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 ринкових умовах необхідно приділяти більше уваги щодо якісного обслуговування кожного вантажовідправника та вантажоодержувача. Для підтримки конкурентоспроможності залізниць, заохочування нових клієнтів необхідно впроваджувати нові технології щодо покращення використання технічних засобів транспорту шляхом впровадження інформаційно-керуючих систем.

На якість роботи підрозділів залізничного транспорту значно впливає 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 швидко 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 інтервалу 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 диференціювання 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 дуже важливе народногосподарче значення, оскільки дозволяє більш аргументовано вирішувати питання пропуску поїздів по дільницях в умовах 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. Як показує практика роботи 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 вагона 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 вагоно- і поїздопотоків для ліквідації збільшення часу на обіг.

У якості критеріїв раціонального управління поїзною роботою у межах дирекції по 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

$$C_{1M} = \int_0^{24} |Q_M'' - Q_M(t)| dt \Rightarrow 0, \quad (1)$$

де Q_M'' - нормативне значення обігу місцевого вагону (згідно технічних нормативів);

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

- для порожнього вагону

$$C_{2n} = \int_0^{24} |Q_n'' - Q_n(t)| dt \Rightarrow 0, \quad (2)$$

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

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

- для транзитного вагону

$$C_{3mp} = \int_0^{24} |Q_{mp}'' - Q_{mp}(t)| dt \Rightarrow 0, \quad (3)$$

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

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

- для навантаженого вагону

$$C_{4нав} = \int_0^{24} |Q_{нав}'' - Q_{нав}(t)| dt \Rightarrow 0, \quad (4)$$

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

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

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

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

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

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 $Q_m(t)$, $Q_n(t)$, $Q_{mp}(t)$, $Q_{нав}(t)$) 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 системи підтримки прийняття рішення. У роботі [2] розглядається питання установа впливу зміни кожного фактора на величину зміни обігу вантажного вагона для подальшого оперативного корегування цих факторів з метою досягнення максимально низького значення обігу. Фактично дуже складно відстежувати обіг кожного окремого вагону і ще складніше приводити його до нормативного. Тому доцільно відстежувати групи вагонів певних категорій (транзитних, місцевих, порожніх...), які знаходяться в кожному поїзді з метою визначення категорії поїзду. З цією метою необхідно розділити всі поїзди на декілька категорій з метою виявлення, які поїзди більш доцільно ставити під схрещення на залізничній станції, а які необхідно пропускати безупинно.

Таким чином сформовано критерії пріоритетності, які враховують можливі поїзні ситуації на полігоні ДН, та дозволяють поділити всі вантажні поїзди за наступними категоріями:

1 категорія – низька ступінь схрещення: поїзди з таким ступенем можливо ставити під схрещення з іншими поїздами більших категорій у кожному випадку коли виникає така необхідність;

2 категорія – середня ступінь схрещення: такі поїзди можливо ставити під схрещення тільки з поїздами більш високої 3 категорії;

3 категорія – висока ступінь схрещення – такі поїзди в жодному випадку не можна ставити під схрещення. Такі поїзди в своєму складі

містять певну кількість вагонів (транзитних, місцевих, порожніх...) час обігу яких значно перевищує нормативний (виявляється попереднім прогнозом [2]).

Таким чином поставлена задача відноситься до слабо структурованих, формалізація якої передбачає використання апарату нечіткої логіки.

Визначимо задачу у вигляді набору нечітких правил:

П₁: якщо $x \in A_1$ та $y \in B_1$ тоді $z \in C_1$,

П₂: якщо $x \in A_2$ та $y \in B_2$ тоді $z \in C_2$,

П₃: якщо $x \in A_3$ та $y \in B_3$ тоді $z \in C_3$,

де x, y – імена вхідних змінних (відповідно кількість вагонів певної групи та значення перевищення нормативного обігу вагона у добах);

z – ім'я вихідної змінної (визначена категорія поїзду);

$A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3, C_1, C_2, C_3$ – задані функції приналежності, які визначені відповідно на x, y, z .

Таким чином передбачається, що вхідні змінні прийняли деякі конкретні (чіткі) значення – x_0, y_0 .

В загальному вигляді логічний вивід виконується згідно наступної етапності [4]: на першому етапі для визначених даних виходячи з функцій приналежності $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$ знаходяться ступені істинності $\alpha(x_0^1, y_0^1), \alpha(x_0^2, y_0^2), \alpha(x_0^3, y_0^3)$ для передумов кожного з трьох наведених правил.

На другому етапі відбувається „відсікання” функції приналежності C_1, C_2, C_3 на рівнях $\alpha(x_0^1, y_0^1), \alpha(x_0^2, y_0^2), \alpha(x_0^3, y_0^3)$.

На етапі 3 розглядаються відсічені на другому етапі функції приналежності і виконується їх об'єднання за наступним правилом:

$$\mu_s(z) = V(\alpha(x_0^1, y_0^1), \alpha(x_0^2, y_0^2), \alpha(x_0^3, y_0^3)), \quad (6)$$

де $\mu_s(z)$ - функція приналежності, яка описує комбіновану нечітку множину і відповідає логічному виводу для вихідної змінної z .

На кінцевому четвертому етапі знаходиться чітке значення вихідної змінної. В даному випадку використовується центроїдний метод [3] на основі якого чітке значення вихідної змінної визначається як центр тяжіння для кривої $\mu_s(z)$:

$$z_0 = \frac{\int_{\Omega} z \mu_S(z) dz}{\int_{\Omega} \mu_S(z) dz}. \quad (7)$$

Для вирішення поставленої задачі, оперативного визначення категорії поїздів, при виконанні процедури логічного виводу застосовується алгоритм Mamdani нечіткий вивід в якому здійснюється на основі знаходження рівнів відсічення для передумов кожного з правил:

$$\alpha(x_0^1, y_0^1) = A_1(x_0^1) \wedge B_1(y_0^1), \quad (8)$$

$$\alpha(x_0^2, y_0^2) = A_2(x_0^2) \wedge B_2(y_0^2), \quad (9)$$

$$\alpha(x_0^3, y_0^3) = A_3(x_0^3) \wedge B_3(y_0^3), \quad (10)$$

далі знаходяться усічені функції приналежності:

$$C_1'(z) = ((\alpha(x_0^1, y_0^1)) \wedge C_1(z)), \quad (11)$$

$$C_2'(z) = ((\alpha(x_0^2, y_0^2)) \wedge C_2(z)), \quad (12)$$

$$C_3'(z) = ((\alpha(x_0^3, y_0^3)) \wedge C_3(z)). \quad (13)$$

В результаті композиції одержано кінцеву нечітку множину для змінної виходу з функцією приналежності:

$$\mu_S(z) = C(z) = C_1'(z) \vee C_2'(z) \vee C_3'(z) = ((\alpha(x_0^1, y_0^1)) \wedge C_1(z)) \vee \vee ((\alpha(x_0^2, y_0^2)) \wedge C_2(z)) \vee ((\alpha(x_0^3, y_0^3)) \wedge C_3(z)) \quad (14)$$

Приведення до чіткості виконується на основі (7).

Після побудови математичної моделі визначення категорії поїздів у оперативному режимі доцільно змоделювати процес при допомозі прикладного програмного пакету MATLAB редактор FIS Edition.

Моделювання та отримання результатів. На рисунку 1 відображено побудову функції приналежності, яка відповідає за кількість вагонів у складі поїзда певної категорії.

На рисунку 2 відображено побудову функції приналежності, яка відповідає за добове відхилення обігу певної категорії вантажних вагонів від нормативного значення.

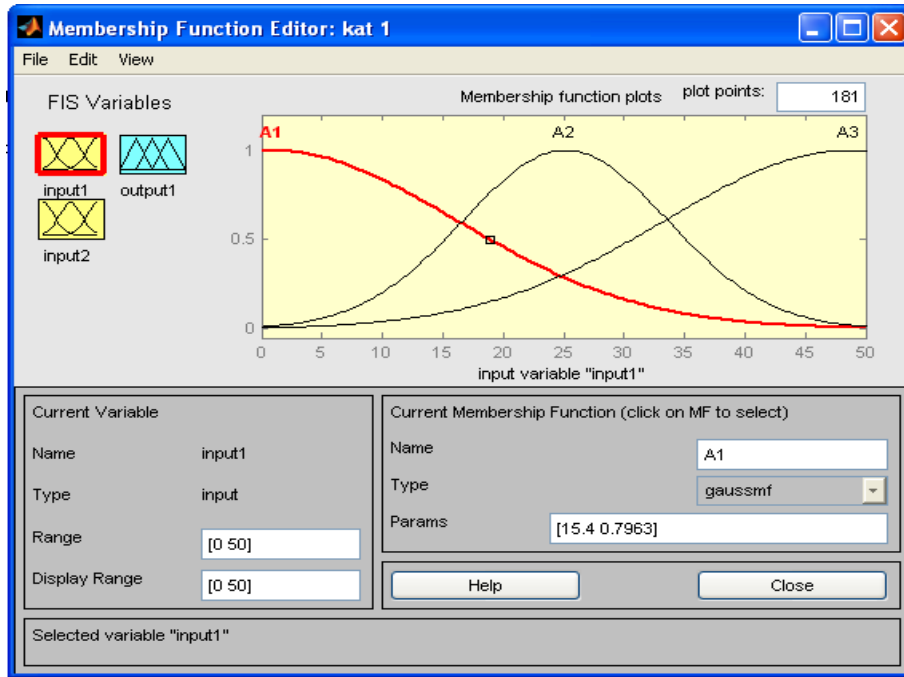


Рисунок 1 – Побудова функції приналежності $\mu_A(x)$ „кількість вагонів”

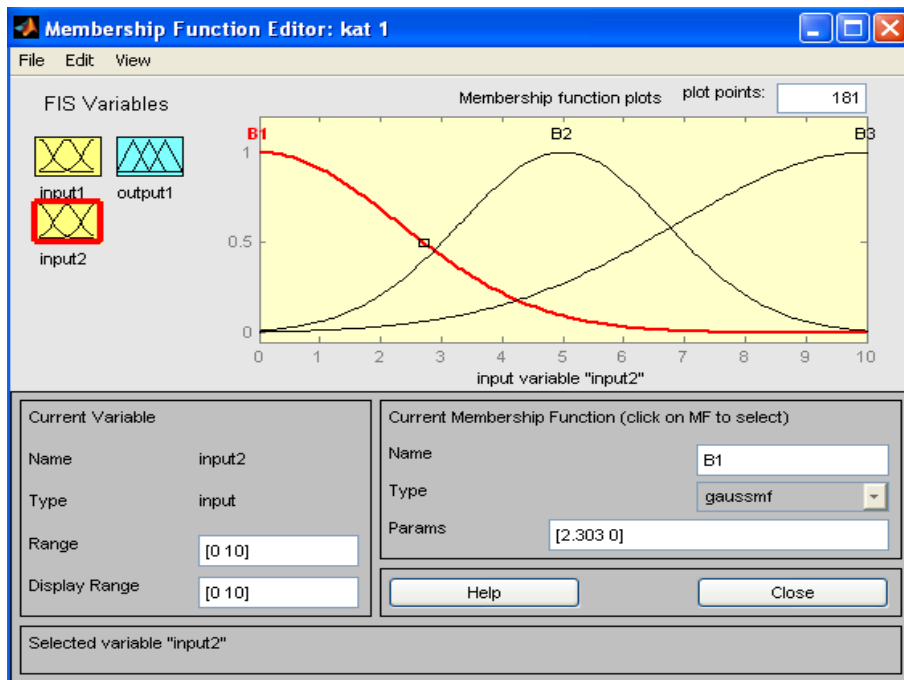


Рисунок 2 – Побудова функції приналежності $\mu_B(y)$ „добове відхилення”

Побудовані функції називають також функціями вводу, які слугують для визначення вхідного вектору, а в результаті проектування на вихідну функцію приналежності (рисунок 3) одержується вихідне значення.

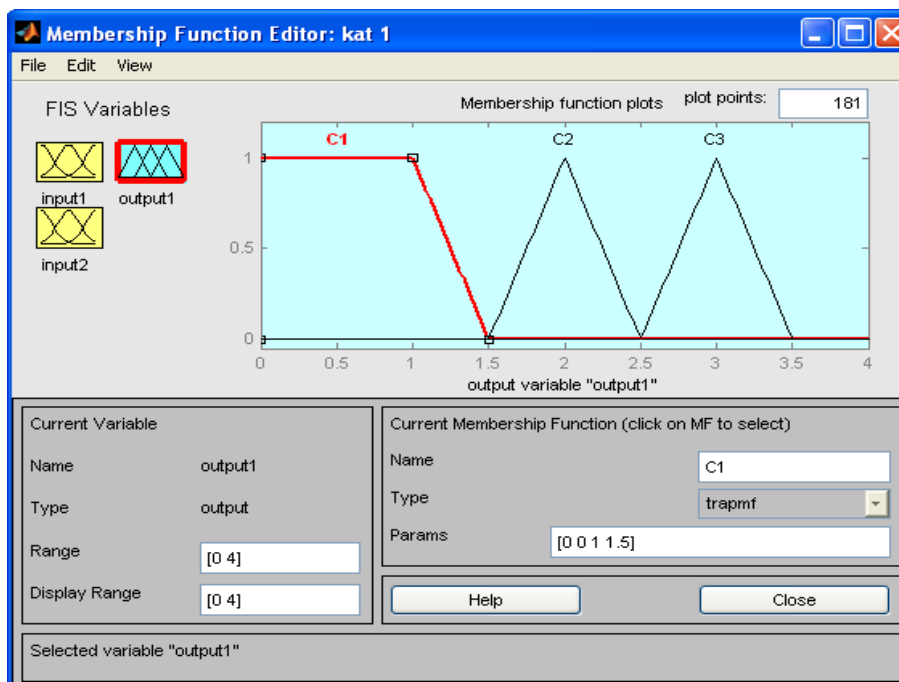


Рисунок 3 – Побудова вихідної функції приналежності $\mu_s(z)$ „категорія поїзду”

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. Лаврухін О.В., Доценко Ю.В. Розробка математичної моделі динамічного аналізу елементів обігу вантажного вагону // Зб.наук.праць / ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2008. – Вип.14. – с.18 - 26.
3. <http://matlab.exponenta.ru/index.php>

УДК 656.212

Огар О.М., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)

Похилко С.П., к.т.н., доцент (ДонІЗТ)

Раєв Є.В., начальник відділу під'їзних колій (Донецька залізниця)

**ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ
РОЗМІЩЕННЯ І РОЗРАХУНКУ КРІПЛЕННЯ ВАНТАЖІВ НА
РУХОМОМУ СКЛАДІ**

Вступ. В сучасних умовах стають все більш актуальними питання використання найновіших розробок САПР у проектуванні і виробництві, у тому числі і на залізничному транспорті. Причиною тому є необхідність отримання більш якісних моделей споруд, приладів та засобів транспорту шляхом оптимізації конструктивних параметрів окремих їх модулів. Точність побудови, швидкість та вартість розробки моделей є важливими факторами при вирішенні проектних задач залізничного транспорту. Новим напрямком застосування автоматизованих програм є напрямок розрахунку кріплення вантажів складних форм, значних розмірів та великої ваги.

Постановка проблеми. В існуючих методах розрахунку кріплення великотоннажних вантажів не стандартних за конфігурацією виникає проблема точності розрахунку загального центру мас та взаємного розташування вантажів у вагоні. В сучасних умовах рішення даної задачі може виконуватися тільки за допомогою автоматизованих прикладних програм.