

УДК 656.222.3:658.5

*Д-р техн. наук О.В. Лаврухін,  
кандидати техн. наук Ю.В. Доценко,  
П.В. Долгополов*

*Doct. of techn. sciences A.V. Lavrukhin,  
candidates of techn. sciences D. Y.V.Dotsenko,  
P.V. Dolgoplov*

**ФОРМУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ  
ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУ ПОЇЗНОЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ**

**FORMATION OF OPTIMIZATION MODELS CALCULATION OF  
OPERATIONAL PLAN TRAIN RAILWAY STATION**

**Вступ.** Оперативне планування роботи станції здійснюється з метою виконання завдань з приймання і відправлення поїздів і вагонів, у тому числі порожніх, з регулювання, навантаження і вивантаження, перевалки і сортування вагонів і вантажів, а також виконання графіка руху і плану формування поїздів і основних якісних показників роботи.

Дирекції на підставі добових планів, наданих станціями, розробляють добовий план поїзної і вантажної роботи станції і передають його на станцію за 3 години до початку планової доби. Він містить такі дані: загальна кількість поїздів, що підлягають прийманню станцією з кожного напрямку з розподіленням на транзитні і розбірні; загальна кількість поїздів, які

необхідно відправити зі станції на кожний напрямок, з виділенням кількості поїздів свого формування; завдання з відправлення порожніх вагонів у регулювання з визначенням напрямку прямування і роду рухомого складу; розміри навантаження, вивантаження, перевантаження з морського або річкового транспорту з виділенням найважливіших вантажів; завдання на навантаження відправницьких технічних і ступінчатих маршрутів; кількість порожніх вагонів, які мають прибути під навантаження; інші завдання виходячи з місцевих умов роботи станції (промивання вагонів, пропарювання цистерн, екіпування рефрижераторного рухомого складу, обладнання вагонів під перевезення спеціальних вантажів та ін.); кількість

вагонів власності країн СНД і Балтії, які очікують прибуття на станцію.

**Постановка задачі дослідження.**

Згідно з прийнятою технологією роботи на залізничному транспорті передача визначених раніше даних здійснюється за допомогою телефонних засобів зв'язку, що негативно позначається на оперативності передачі інформації і фактично після отримання розробленого плану оперативна ситуація на полігоні може суттєво змінитися. Для вирішення цієї проблеми використовується спосіб 4-6-годинного аналізу і коригування оперативних планів, але і в цьому випадку втрачаються об'єктивність одержаних даних за рахунок значного інтервалу між настанням події і до прийняття управлінського рішення. Низька об'єктивність даних також обумовлена тим фактом, що всі рішення приймаються лише на основі досвіду людини без виконання певних розрахунків засобами автоматизації за умови врахування нечітких вхідних даних. Виходячи з цього можливо поставити задачу дослідження – формування математичної моделі визначення оптимального варіанта оперативного плану поїзної роботи залізничної станції, яка стане основою автоматизованої технології оперативного планування поїзної роботи залізничної станції з елементами штучного інтелекту.

**Формування моделі.** Розв'язання цієї задачі буде ґрунтуватися на формуванні моделі, яка повинна відтворювати оптимальний план поїзної роботи полігонів залізниць на основі прогнозування основних показників при досягненні мінімальних відхилень прогнозу від реального виконання [1, 2]. Відповідно до цього слід зазначити, що основою оперативного плану поїзної та вантажної роботи залізниць є дані про майбутнє прибуття та відправлення поїздів зі станцій, а також дані про формування маршрутів з місць навантаження. Згідно із цим оптимізаційну модель розрахунку

оперативного плану поїзної роботи залізничної станції можливо сформуванати як

$$\Delta N = \sum_{i=1}^l \sum_{p=1}^k (N_{ip}^{nl} - N_{ip}^{вук}) \rightarrow \min \quad (1)$$

при обмеженнях

$$\begin{cases} x_1 \leq 24 - t_\phi \\ x_2 \leq 24 - \left( \sum_{j=1}^h t_j + \sum_{q=1}^w t_q \right) \\ \text{при } x_1 + x_2 \leq 24 \\ u_1 \geq m_m \\ u_2 \geq m_m \\ u_3 \geq 1 \end{cases}, \quad (2)$$

де  $\Delta N$  – параметр виконання плану;

$N_{ip}^{nl}$  – запланована кількість поїздів, які будуть перероблюватися на станції (прибуття, відправлення, формування маршрутів);

$N_{ip}^{вук}$  – реальне виконання поїзної роботи станції;

$i$  – кількість станцій на дільниці, яка бере участь в оперативному плануванні;

$p$  – параметр оперативного плану поїзної роботи, який відповідає обсягу поїзної роботи (кількість поїздів, що відправлені, прибулих і сформованих маршрутів);

$x_1$  – час до відправлення поїзда зі станції формування (за умови наявності на станції формування вагонів у кількості, необхідній для формування поїзда), год;

$x_2$  – час прямування поїзда від станції формування до станції розформування (з урахуванням перегінного часу ходу, часу на схрещення, обгони тощо);

$t_\phi$  – час на формування певного поїзда, год;

$t_j$  – час прямування поїздів по перегонах ( $j = 1, 2, \dots, h$ , де  $h$  – кількість перегонів), год;

$t_q$  – час простою поїздів під схрещеннями, обгонами, через неприймання на станцію ( $q = 1, 2, \dots, w$ , де  $w$  – кількість розмежувальних пунктів, на яких відбувалася затримка поїзда), год;

$u_1$  – наявна кількість вагонів на станції та на підходах до неї для формування маршруту відправлення, ваг;

$m_m$  – нормативна довжина маршруту на певному напрямку, ваг;

$u_2$  – наявна вивантажувальна спроможність підприємства, на яке призначено маршрут, ваг;

$u_3$  – кількість технічних станцій на шляху прямування маршруту.

У виразі (1) модуль означає, що недовиконання і перевиконання плану буде негативно позначатися на якості роботи інфраструктури залізничного транспорту. Це припущення ґрунтується на тому, що при невиконанні плану перевезень залізниця втрачає прибуток, а при перевиконанні може порушитися прийнята технологія і ритм роботи, що в подальшому також може негативно позначитися на прибутковості [3].

Оскільки виходячи з основних положень оперативного планування та сформованої цільової функції (1) у процесі формування визначеної технології стає необхідним узагальнення значної кількості незалежних параметрів, дану задачу доцільно віднести до категорії слабкоструктурованих і розв'язувати на основі математичного апарату нечіткої логіки.

Подальше розв'язання поставленої задачі, формалізації процесів розрахунку параметрів оперативного плану поїзної роботи доцільно почати з формалізації процедури визначення кількості поїздів, які підлягають прийманню станцією з кожного напрямку.

Виходячи з умов експлуатації в основу даного розрахунку слід покласти такі параметри: час до відправлення поїзда зі станції формування ( $x_1$ ) (за умови наявності на станції формування вагонів у кількості, необхідній для формування поїзда); час прямування поїзда від станції формування до станції розформування ( $x_2$ ); час, який залишився до закінчення планової доби ( $x_3$ ).

Визначені параметри в комплексі впливають на прибуття або неприбуття поїзда на станцію. Таким чином, розв'язання задачі зводиться до знаходження такої комбінації зазначених параметрів, яка буде сприяти прибуттю поїзда. Необхідність врахування визначених вхідних параметрів дозволяє віднести поставлену задачу до класу слабкоструктурованих. Як зазначалося раніше, для розв'язання задач такого класу найбільш доцільно використовувати методи нечітких множин і нечіткої логіки, які дозволяють паралельно узагальнювати значну кількість вхідних параметрів, у тому числі таких, формалізація яких ускладнена, і надавати обґрунтовані розв'язки як у вигляді конкретного значення, так і з можливістю відображення впевненості у виникненні тієї чи іншої події.

Згідно з основними поняттями нечіткої логіки подамо вхідні параметри  $x_1, x_2, x_3$  у вигляді лінгвістичних змінних. Таким чином, згідно з поставленою задачею моделювання процесу визначення кількості поїздів, що підлягають прийманню станцією з кожного напрямку, необхідно задати трійку лінгвістичних змінних у вигляді  $\langle x_1, T_1, A \rangle, \langle x_2, T_2, B \rangle, \langle x_3, T_3, C \rangle$ . Безпосередньо переходячи до формалізації, лінгвістичну змінну  $\langle x_1, T_1, A \rangle$  можливо подати в такому вигляді:

$$\langle x_1, T_1, A \rangle \rightarrow \langle \text{"Час до відправлення"}, T_1, [a_{\min}, a_{\max}] \rangle, \quad (3)$$

де  $T_1 = \{ \text{"в межах доби"}, \text{"можливо в межах доби"}, \text{"за межами доби"} \}$ ;

$a_{\min}, a_{\max}$  – область визначення  $A = \{a\}$  відповідної нечіткої змінної, яка характеризує величину часу, який залишився до відправлення поїзда свого формування.

Нечітку підмножину множини  $H_2$  можна подати як

$$\tilde{\alpha}_i = \left\{ \left\langle \mu_{\alpha_i}(a) / a \right\rangle, (a \in A) \right\}, \quad (4)$$

де  $\mu_{\alpha_i}(a)$  – функція приналежності, яка описує нечітку змінну  $\tilde{\alpha}_i$ .

$$\begin{aligned} \langle \text{"в межах доби"}, [a_{\min}, a_{\max}], \tilde{\alpha}_1 \rangle, & \quad \langle \text{"в межах доби"}, [0,10], \tilde{\alpha}_1 \rangle, \\ \langle \text{"можливо в межах доби"}, [a_{\min}, a_{\max}], \tilde{\alpha}_2 \rangle, & \Rightarrow \langle \text{"можливо в межах доби"}, [0,24], \tilde{\alpha}_2 \rangle, \\ \langle \text{"за межами доби"}, [a_{\min}, a_{\max}], \tilde{\alpha}_3 \rangle. & \quad \langle \text{"за межами доби"}, [10,24], \tilde{\alpha}_3 \rangle. \end{aligned}$$

Подальше формування нечітких вхідних і вихідних змінних аналогічно наведеному вище наведеному порядку.

**Висновки.** Таким чином, було сформовано оптимізаційну модель розрахунку оперативного плану поїзної роботи залізничної станції, яка стане основою автоматизованої технології оперативного управління поїзною роботою лінійних підрозділів з елементами штучного інтелекту. Зазначена модель дозволяє відтворювати план поїзної роботи полігонів залізниць на основі визначення основних показників, які носять нечіткий характер при досягненні мінімальних відхилень прогнозу від реального виконання.

У даному випадку значення лінгвістичної змінної "Час до відправлення" з терм-множиною  $T_1$  описується функціями належності з відповідними назвами і обмеженнями на можливі значення. Згідно з цим параметри нечітких змінних  $\tilde{\alpha}_i$  можуть бути відтвореними в аналітичному вигляді так:

На основі врахування незалежних параметрів, таких як час до відправлення поїзда зі станції формування; час прямування поїзда від станції формування до станції розформування; час, який залишився до закінчення планової доби, формалізовано процедуру визначення рівня впевненості у прибутті поїзда на залізничну станцію. Сформована процедура дозволяє на основі виконання операції додавання визначати кількість поїздів, які підлягають прийманню станцією з кожного напрямку. Передбачається, що визначена операція буде виконуватися в автоматичному режимі за умови використання автоматизованих засобів обробки інформації.

### Список літератури

1. Бутько, Т.В. Планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин [Текст] / Т.В. Бутько, О.В. Лаврухін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2004. – Спецвип. 7(1). – С. 16-19.
2. Лаврухін, О.В. Удосконалення управління перевізним процесом на основі теорії нечітких множин [Текст] / О.В. Лаврухін // Зб. наук. праць. – Харків: ХарДАЗТ, 2003. – Вип. 53. – С. 78 – 82.

3. Смехов, А.А. Управление грузовой и коммерческой работой на железнодорожном транспорте [Текст] / А.А. Смехов, В.В. Повороженко, А.Т. Дерибас. – М.: Транспорт, 1990. – 351 с.

**Ключові слова:** оперативне планування, оптимальний план, оптимізаційна модель, формалізація процесу, слабкоструктурована задача.

*Анотації*

У даній статті розглядаються питання відтворення процесу формування оптимізаційної моделі розрахунку оперативного плану поїзної роботи залізничної станції.

В данной статье рассматриваются вопросы отображения процесса формирования оптимизационной модели расчета оперативного плана поездной работы железнодорожной станции.

In this research work addresses the reproduction process of forming an optimization model for calculating operational plan trainset of the train station.