

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОРЕГУВАННЯ ПЛАНУ ФОРМУВАННЯ ПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ ПОГОДЖЕНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ ОПЕРАТИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Робота присвячена питанням удосконалення технології корегування плану формування поїздів на основі сучасних математичних методів прогнозування та управління експлуатаційною роботою залізниць. Це допоможе підвищити надійність та якість прийняття рішень оперативного персоналу, що забезпечить зменшення експлуатаційних витрат на здійснення вантажних перевезень, які дозволять оперативно пристосувати експлуатаційну роботу залізниць до змін умов формування вагонопотоків

А. В. Прохорченко

Кандидат технічних наук, асистент
Кафедра Управління експлуатаційною роботою*
Контактний тел.: 8-050-642-86-12

Л. В. Корженівський

Магістр
Факультет Управління процесами перевезень*
Контактний тел.: 8-067-159-68-57

*Українська державна академія залізничного транспорту
вул. Кірова 3, м.Харків, Україна

1. Вступ і актуальність проблеми

Для підвищення ефективності здійснення вантажних перевезень в ринкових умовах необхідним є розробка та впровадження нових технологій перевізного процесу, в основу яких закладено концепції, що дозволять оперативно пристосувати експлуатаційну роботу залізниць до змін умов формування вагонопотоків. Одним із напрямків вирішення поставленої задачі є удосконалення технології корегування плану формування поїздів (ПФП) на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення.

Як показує практика, технологія організації вантажопотоків має багато серйозних недоліків, головним з яких є недостатня адаптація до умов транспортного ринку[1]. У зв'язку з цим сьогодні виникає необхідність створення гнучкої технології поїздоутворення, яка дозволить на розрахунковий період оперативно

корегувати ПФП у відповідності до реальної потреби ще на першій стадії розробки.

2. Аналіз діючої технології

Технологія розробки ПФП базується на середньо добових планових вагонопотоках та не враховує їх коливань по величині та структурі на протязі сезонів року, днів тижня та годин доби. Це призводить до невідповідності діючого ПФП з фактичними коливаннями вагонопотоків, які викликають в одних випадках непередбачувані затримки вагонопотоків, а у інших – недовикористання технічних можливостей станцій [2]. На рис. 1 приведено коливання вагонопотоків на станції Жмеринка Південно-Західної залізниці згідно аналізу, проведеного на основі звітної статистичної інформації.

Процедуру корегування ПФП на мережі залізниць суворо централізовано і вона має в своїй структурі ланцюг напрямку прийняття рішення з верхнього рівня управління на нижній. В результаті такий процес досить тривалий, що призводить до запізнення прийняття оперативного рішення щодо корегування ПФП на нижньому рівні підсистеми. Як наслідок, за таких умов виникають складності в діючій технології формування керівних документів і внесення коригування в інформаційні системи (АСК ВП УЗ) [1,3].

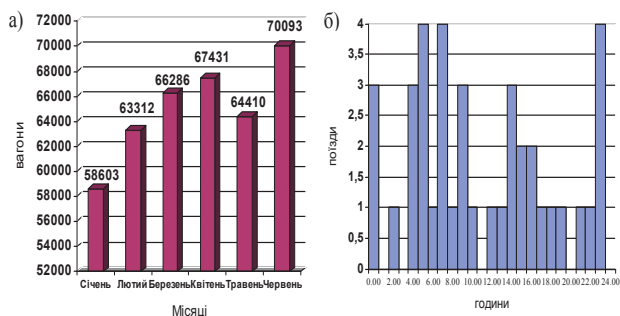


Рисунок 1. Відправлення вагонів по місяцям року за I півріччя 2008 року зі станції Жмеринка а) та інтенсивність відправлення поїздів на протязі доби б)

3. Постановка задачі

Виходячи з цього, необхідним є розробка та впровадження автоматизованої підсистеми корегування ПФП в межах інформаційного середовища АСК ВП УЗ, яка дозволить враховувати всі фактори, які впливають на формування і просування вагонопотоків, та надасть можливість в автоматизованому режимі отримувати оперативні рішення щодо проведення корегуючих заходів на полігоні мережі залізниць.

Така система в своїй основі повинна формалізувати технологію раціонального формування поїздів, яка дозволить заздалегідь визначати підхід вантажних поїздів до опорних станцій мережі та виконувати корегувальні заходи ПФП щодо зміни напрямків формування поїздів та перерозподілу роботи між технічними станціями мережі. Це в свою чергу надасть можливість, з урахуванням прогнозу оперативних умов підводу вагонопотоків, формувати групові поїзди оперативного призначення, на основі визначення на станціях мережі допустимих варіантів об'єднання вагонних струменів, що виділені в самостійні призначення, але мають добову потужність менше встановлених норм простою під накопиченням [3].

4. Вирішення задачі

Слід зазначити, що діюча технологія передбачає деяку пристосованість технології організації групових поїздів до зміни умов формування вагонопотоків. На мережі залізниць формуються групові поїзди наступних видів: з різною кількістю груп в своєму складі; з постійною масою груп та без постійної маси; із закріпленням до певного розкладу та без закріплення. Але така система організації заснована на постійності

виконання ПФП, який розраховується на рік, з чітко визначеними межами станцій обертання [4]. Як приклад, на рис. 2 наведено аналіз структури формування групових поїздів по напрямкам відправлення зі станції Жмеринка Південно-Західної залізниці за перше півріччя 2008 року.

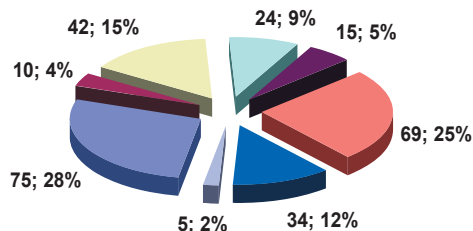


Рисунок 2. Групові поїзди сформовані по напрямкам станцією Жмеринка Південно-Західної залізниці за 6 місяців 2008 року

Одним із напрямків вирішення поставленої задачі є використання сучасних математичних методів прогнозування та управління експлуатаційною роботою в області "Soft Computing" [5], які можуть реалізувати процес інтелектуального планування перевезеннями за умови обліку експлуатаційної ситуації на сортувальних станціях та нерівномірності формування вагонопотоків.

Для надання системі властивостей адаптивного управління вагонопотоками в роботі використано модель оперативного прогнозування вагонопотоків на основі нейро-нечіткої мережі типу NEFPROX (Neuro-Fuzzy function approximator) [6]. На рис. 3 представлена архітектура мережі NEFPROX.

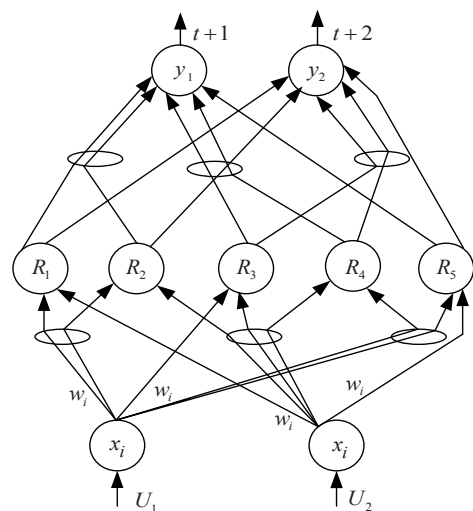


Рисунок 3. Архітектура мережі NEFPROX для оперативного прогнозування вагонопотоків

Система NEFPROX для оперативного прогнозування вагонопотоків представляє собою спеціальний тришаровий нечіткий перцептрон. В якому входні нейрони, позначені як x_i , де $i=1, \dots, M$, умовно відповідають станціям мережі та моделюють кількість вагонів U_i , де $i=1, \dots, n$, що знаходяться на цих станціях і призначені згідно ПФП до відправлення на станцію, для якої

необхідно розрахувати можливість організації групового поїзду. Така інформація може бути отримана для кожного кроку роботи мережі з системи АСК ВП УЗ. Нейрони схованого шару R_1, \dots, R_k відповідають за моделювання окремих змінних X_i та визначають результуючі значення W_i , що дозволяють описати складні залежності формування вагонопотоків. Вихідний шар складається з двох штучних нейронів, де нейрон y_1 моделює лаг прогнозування $t+1$ та відповідає 24 годинному періоду планування, відповідно y_2 моделює лаг прогнозування $t+2$ та відповідає наступним 24 годинам.

Згідно отриманого на перспективу до двох діб прогнозу підводу вагонопотоків, на станцію, розраховується можлива тривалість простою вагонів під накопиченням, що на початок періоду планування вже знаходяться на цій станції та призначені для виділення в самостійні напрямки згідно діючого ПФП. Це в свою чергу дозволяє порівняти прогнозу тривалість накопичення таких вагонів, на станції, з встановленим часом простою вагонів під накопиченням, який визначає мінімальний розмір добового вагонопотоку одного призначення для обов'язкового відправлення в спеціалізованих поїздах. Отже, критерій доцільності маршрутизації вагонопотоку одного призначення на даній станції має наступний запис

$$t_{\text{нак}}^{\text{факт}} > t_{\text{нак}}^{\text{норм}} \quad (1)$$

де $t_{\text{нак}}^{\text{факт}}$ - прогнозний час простою вагонів під накопиченням, що призначені для виділення в самостійні напрямки згідно діючого ПФП;

$t_{\text{нак}}^{\text{норм}}$ - встановлена норма часу простою вагонів під накопиченням, що визначає мінімальний розмір добового вагонопотоку одного призначення для обов'язкового відправлення в спеціалізованих поїздах.

Очевидно, якщо умова (1) не виконується, то вагонні струмені, що мають прогнозу добову потужність вагонопотоку одного призначення менше цієї величини, слід відправляти з даної станції шляхом об'єднання їх з іншими струменями за рахунок корегування діючого ПФП та організації групового поїзда оперативного призначення.

Для реалізації цієї задачі в роботі розроблено модель оперативного корегування плану формування поїздів, яка базується на еволюційному моделюванні варіантів формування поїзда зі змінними сполученнями включаємих груп вагонів.

З позиції запропонованого підходу процес пошуку оптимального варіанту організації групового поїзда в прогнозний період часу можна моделювати на основі генетичного алгоритму [7]. Це дозволить шляхом послідовного підбору, комбінування й варіації пошукових параметрів задачі корегування ПФП за допомогою еволюційного механізму вибирати раціональний маршрут об'єднання груп вагонів для організації групового поїзда в діючих умовах експлуатаційної роботи полігону мережі.

Відповідно до цього розрахунковий полігон мережі залізниць представляє собою транспортну мережу, що вміщує P станцій (вершин мережі) P_i , $i = \overline{1, M}$, які з'єднані між собою j -м варіантом маршруту прямування групового поїзда ($j = \overline{1, L}$) з подальшим об'єд-

нанням декількох груп вагонів для виділення в самостійне призначення, тобто сформуванню наскрізний поїзд на інші станції мережі.

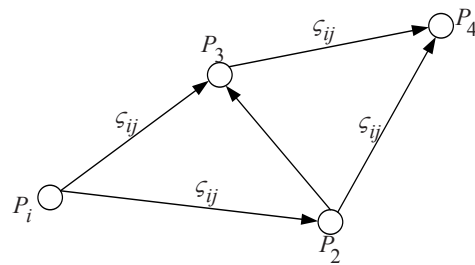


Рисунок 4. Розрахунковий полігон мережі залізниць для організації групового поїзда оперативного призначення

Прийемо за N_i задану кількість вагонів по кожній i -й станції мережі, для яких згідно умови задачі необхідно знайти варіант їх об'єднання. Такі вагони можуть бути об'єднані з вагонами дільничного призначення згідно діючого ПФП та передані на станції обміну груп в складі групових поїздів оперативного призначення. За таких умов на кожній можливій станції відправлення і об'єднання груп вагонів будуть виникати різні витрати вагоно-годин накопичення груп в очікуванні відправлення, прибуття поїздів та простою вагонів на станціях $[cN]_i$, де c - параметр накопичення[8].

Для формування варіантів маршруту прямування групового поїзда необхідним є введення до задачі змінної ϵ_{ij} , яка є ознакою приналежності розглянутого призначення множині можливих варіантів об'єднання груп чи заборони, де змінна приймає значення

$$\epsilon_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо варіант коригування можливий для даного призначення} \\ 0, & \text{в іншому випадку} \end{cases} \quad (2)$$

Так як маршрут прямування повинен бути вибраний тільки один, необхідним є дотримання умови

$$\sum_{j=1}^L \epsilon_{ij} = 1; \quad \sum_{i=1}^M \epsilon_{ij} = 1. \quad (3)$$

Будь-який варіант маршруту прямування груп вагонів між опорними станціями, через які можливе прискорене їх просування, відповідає одному із рішень задачі, що кодується у вигляді хромосоми S .

Така хромосома являє собою генну комбінацію, де гени моделюють послідовність індексів станцій полігону мережі $i = \overline{1, M}$ та напрямків призначення поїздів $j = \overline{1, L}$

$$S = (1, 1, \dots, 2, j, \dots, i, 2, \dots, M, L). \quad (4)$$

Варіант об'єднання груп вагонів, при якому витрати вагоно-годин і локомотиво-годин по всім станціям в маршруті будуть найнижчими, що сформулює для рішення задачі більш привабливу стратегію корегування ПФП та виживе в умовах еволюційного відбору. Кожний варіант маршруту прямування груп вагонів (індивід популяції) може бути оцінений мірою його

приспосованості. В роботі в якості такої міри запропоновано використовувати цільову функцію виду

$$\text{Fitness}(h) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^L \left([cN]_i + r \sum_{j=1}^L Mt_{ij} \right) \zeta_{ij} \rightarrow \min, \quad (5)$$

де $[cN]_i$ - витрати вагоно-годин накопичення груп в очікуванні відправлення, прибуття поїздів та простою вагонів на станціях;

r - еквівалент, що характеризує відношення вартості локомотиво-годин, прийнятих у відповідності з визначенням економічної ефективності на залізничному транспорті;

Mt_{ij} - витрати локомотиво-години на кожній станції обміну груп вагонів в груповому поїзді оперативного призначення, що включає витрати на очікування готовності поїздів до відправлення та очікування розкладу відправлення.

Рішення задачі має наступні обмеження:

– на встановлену норму кількості вагонів в складі наскрізного поїзда при об'єднанні груп одного призначення

$$\sum_{i=1}^M N_i = R, \quad (6)$$

де R - склад наскрізного поїзда, ваг.

– на переробну спроможність станцій переформування групового поїзда

$$N_i + M_{ij} \leq F_i; \forall i, \quad (7)$$

де F - встановлена переробна спроможність i -ї станції мережі;

M_{ij} - встановлений вагонопотік по напрямкам, який перероблюється на i -й станції мережі.

Оцінка пристосування хромосоми еквівалентна оцінці того, наскільки ефективно запропонований варіант корегування ПФП, пристосований до ресурсозберігаючих принципів роботи залізниці. При цьому за рахунок використання отриманих значень пристосованості вибираються вектори варіантів об'єднання груп вагонів на мережі (селекція), що допущені до "схрещування".

До таких векторів застосовуються генетичні оператори ("схрещування" – crossover, "мутация" – mutation)[7]. Це призводить до появи нащадків, що відповідають новим варіантам організації групових поїздів, які одержані у результаті еволюційної динаміки. За таких умов найменш пристосовані варіанти можуть зовсім зникнути в результаті еволюції.

Таким чином, відпрацьовується генетична процедура відтворення нових варіантів корегування ПФП (нового покоління), більш пристосованих і здатних до виживання в процесі еволюції системи управління вагонопотоками.

Цей еволюційний процес триває кілька життєвих циклів (поколінь) й згодом пронизує всю мережу залізниць "популяцію", забезпечуючи досягнення мети - появи ефективного варіанту організації групового поїзда оперативного призначення.

Кінцевим результатом виконання процедури еволюційного моделювання є знаходження раціонального варіанту організації групового поїзда оперативного призначення з метою передачі визначеної групи ва-

гонів на станцію формування наскрізного поїзда для подальшого його просування.

Вирішення поставленої задачі в умовах великого обсягу інформації, яку слід сприйняти, проаналізувати і оцінити наслідки перед прийняттям оперативних рішень щодо здійснення комплексного корегування ПФП вимагає автоматизації процесу розрахунків на основі системи підтримки прийняття рішень оперативного персоналу (СППР), яка максимально пристосована до вирішення задач адаптивного управління вагонопотоками.

Використання запропонованої технології корегування ПФП на основі моделей прогнозування та планування експлуатаційної роботи дозволить розширити склад функціональних задач АСК ВП УЗ за рахунок впровадження СППР на автоматизованому робочому місці старшого дорожнього диспетчера (ДГПС).

5. Висновки

Зазначений підхід удосконалення технології оперативного корегування ПФП на основі прогнозування та корегування напрямків прямування вагонопотоків дозволить покращити прийняття своєчасних і більш точних оперативних рішень, спрямованих на підвищення переробної спроможності опорних станцій мережі за рахунок прискорення просування вагонопотоків та дозволить скоротити простій вагонів під накопиченням, зменшити витрати на накопичення вагонів, раціонально розподілити сортувальну роботу між станціями та забезпечити своєчасну доставку вантажів у погоджених з замовником термінах.

Література

1. А.А. Микульский, Г.И. Бекренев, Ю.В. Чернышев. Оперативная корректировка плана формирования поездов. Железнодорожный транспорт №3, с. 25-27.
2. А.Т. Осминин. Организация вагонопотоков и автоматизация расчета плана формирования поездов. Железнодорожный транспорт. Санкт-Петербург. с. 21-24.
3. А.Ф. Бородин. Адаптивное управление вагонопотоками. Железнодорожный транспорт, 1996., №5, с.33-37.
4. В.А. Кудряцева. Основы эксплуатационной работы железных дорог. - М.: АСАДЕМА, 2005. С. 120.
5. Zadeh L. A., "Fuzzy logic and soft computing: Issues, contentions and perspectives," in Proc. IIZUKA'94: 3rd Int. Conf. Fuzzy Logic, Neural Nets and Soft Computing, Iizuka, Japan, 1994, pp. 1-2.
6. Detlef Nauck and Rudolf Kruse. Designing neuro-fuzzy systems through backpropagation. In Witold Pedrycz, editor, Fuzzy Modelling: Paradigms and Practice, pages 203-228. Kluwer, Boston, 1996.
7. Wright A. "Genetic algorithms for real parameter optimization"// Foundations of Genetic Algorithms, V. 1. – 1991. – P. 205-218.
8. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України. – К.: Головне управління перевезень, 2005 – С.25 – 27.