

УДК 656.212

О. О. МАЗУРЕНКО, канд. техн. наук, доц., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ

Розглянуто можливість розробки системи підтримки прийняття рішень при оперативному управлінні організацією вагонопотоків. Дана система повинна базуватися на існуючих автоматизованих системах, використовувати їх інформаційну базу. Крім цього система підтримки прийняття рішень повинна оцінити всі можливі варіанти за допомогою імітаційного моделювання та запропонувати раціональне рішення з урахуванням всіх впливаючих факторів. Лл.: 2. Бібліогр.: 16 назв.

Ключові слова: вагонопоток, двогрупний поїзд, імітаційна модель, система підтримки прийняття рішень.

Вступ. Прибутки залізниці в значній мірі залежать від раціональної організації вагонопотоків в поїзди. Аналізуючи номенклатурні статті витрат можна зробити висновок, що затрати на організацію вагонопотоків становлять близько 80% від усіх витрат вантажних перевезень. За умов ринкових відносин залізниця повинна мінімізувати свої затрати, при чому основним напрямком повинно бути раціональна організація роботи та удосконалення системи організації вагонопотоків.

© О. О. МАЗУРЕНКО 2014

Постановка проблеми. Удосконалення системи організації вагонопотоків є найбільш пріоритетним напрямком підвищення ефективності роботи залізничного транспорту в сучасних умовах функціонування. В останні роки наукові дослідження були спрямовані на покращення якісних та кількісних показників роботи підрозділів, а також на удосконалення коригування плану формування поїздів (ПФП) в оперативних умовах при погодженій організації групових поїздів [1–3]. Розробка ПФП базується на загальнодобових планах вагонопотоків і не враховує їх структурних та кількісних коливань протягом сезонів року, днів тижня та годин доби [4]. Тому організацію вагонопотоків, яка б враховувала ці фактори, доцільно розглядати в оперативних умовах.

Результати досліджень багатьох науковців показали, що в певних оперативних умовах формування двогрупних поїздів на технічних станціях має значний ефект [5, 6]. Рішення про оперативне формування двогрупного поїзда повинно базуватися на наявності економії витрат у порівнянні з направленням даних груп вагонів у одnogрупних поїздах. Така методика вже розроблена та наведена в роботі [6]. Але оцінювання поточної ситуації на станції та прийняття рішення про керування процесом поїздоутворення залежить лише від суб'єктивної оцінки оперативного персоналу. При цьому необхідно виконати значний обсяг розрахунків, що в оперативній ситуації зробити неможливо. Звідси постає питання створення та впровадження систем підтримки прийняття рішень (СППР), які б допомогли оперативному персоналу приймати економічно обгрунтовані та раціональні рішення за короткий час.

Аналіз досліджень та публікацій. В останні роки багато вчених та наукових організацій почали працювати у напрямку створення СППР для різних задач, які вирішуються на залізничному транспорті. Так в роботі [7] відзначається, що інформаційно-технологічна підтримка прийняття рішень дозволяє реалізовувати комплексне наскрізне планування перевізної роботи на сітьовому, регіональному та лінійному рівнях з урахуванням обмежень, які накладаються експлуатаційними процесами. При цьому така система є техніко-технологічною оболонкою, наповнення якої інтелектуальними технологіями перетворить її із інформаційної в інтелектуальну. Серед інших питань, які може вирішувати система з застосуванням штучного інтелекту можна виділити наступні:

- персоніфікація відповідальності та жорстка технологічна дисципліна оперативного та диспетчерського персоналу;
- можливість автоматизованого наскрізного контролю певних елементів затрат при виконанні технологічних процесів;
- оперативне прогнозування та вартісна оцінка невиробничих витрат.

В роботі [8] відмічається, що існуючі системи АСУ, які б рекомендували в оперативних умовах найбільш раціональний варіант дій, на сьогодні відсутні. На даний момент існуючі комплекси являються за своєю сутністю інформаційними базами даних. Але вже існує теоретична розробка такого комплексу, яка отримала назву «Єдина інтелектуальна система управління та автоматизації виробничих процесів на залізничному транспорті» (ІСУЗТ). Передбачається, що дана система буде вирішувати наступні задачі:

- квазіоптимальне перепланування в реальному часі на основі прогнозування розвитку ситуації у випадку розходження плану з фактом;
- ситуаційну інформованість кожного виробничого вузла про хід виробничих процесів.

На даний час СППР, згідно [9], повинні забезпечувати:

- застосування засобів аналітичної обробки інформації для підтримки прийняття рішень;
- побудову інформаційно-керуючих систем на базі оптимізаційних та імітаційних моделей.

Аналіз результатів досліджень показав, що на даний момент існує певна концепція створення СППР, визначені основні задачі, які вона повинна вирішувати. Така система повинна базуватися або використовувати існуючі автоматизовані системи та їх інформаційну базу. Але дані пропозиції не вказують, яким чином та на основі яких алгоритмів необхідно реалізовувати розроблену концепцію створення СППР.

Основна частина. Система оперативного керування поїздоутворенням, що діє на даний момент в Україні, дозволяє застосовувати формування двогрупних поїздів на базі попутних призначень ПФП в оперативних умовах. Основний фактор, який впливає на прийняття рішень щодо формування окремого двогрупного поїзда, є прогноз надходження вагонів на обрані призначення ПФП. Планування оперативної роботи на залізницях України виконується на період 4-6 годин. При цьому, на головній станції формування враховується оперативний стан самої станції (кількість вагонів окремих попутних призначень, наявність поїзних та маневрових локомотивів та інше) та прилеглих до неї підходів. Володіючи цією інформацією можна виконати оперативний прогноз роботи станції та прийняти певне рішення щодо оперативного втручання в процес поїздоутворення.

Надходження вагонів на станцію та доцільність оперативного формування окремого двогрупного поїзда спрогнозувати в «ручному» режимі майже неможливо. Отже необхідно вирішувати проблему створення СППР, яка б дозволила оперативно оцінити варіанти та прийняти економічно обгрунтоване рішення щодо процесу організації вагонопотоків.

Створення СППР для підтримки рішень в оперативному управлінні процесом організації вагонопотоків повинно базуватися на попередньому моделюванні функціонування як окремої станції, де приймається рішення про оперативне формування двогрупного поїзда, так і для всього залізничного напрямку.

Для цього можна використати концепцію вже розробленої моделі, яка наведена в [10]. В даній роботі залізничний напрямок та окрема технічна станція, розглядається як складні керовані системи масового обслуговування (СМО), що складаються з багатьох різних елементів, які в процесі роботи тісно взаємодіють між собою та мають взаємний вплив (станції, ділянки, колії, бригади технічного обслуговування та ін.). Розроблена функціональна модель залізничного напрямку (ФМН) є дворівневою. При цьому на макрорівні моделюється робота всього

напрямку в цілому, а на мікрорівні – робота кожної окремої технічної станції напрямку. Структура ФМН та схема взаємодії її моделей наведена на рисунку 1.

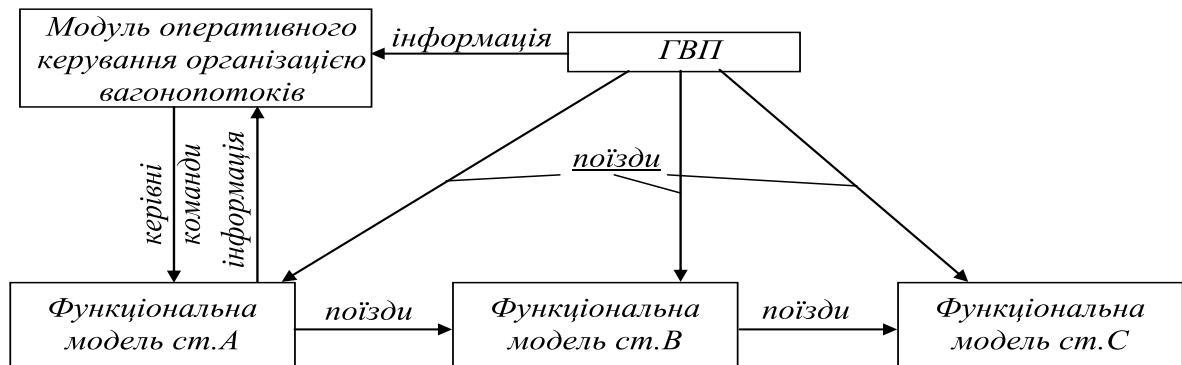


Рис.1 – Структура функціональної моделі залізничного напрямку

Структура ФМН включає в себе наступні моделі:

- генератор вхідного потоку поїздів (ГВП);
- модель оперативного керування організацією вагонопотоків (МОКЗН);
- функціональні моделі роботи кожної окремої технічної станції напрямку (ФМС).

Генератор вхідного потоку призначений для моделювання надходження поїздів на кожну станцію з тих підходів, які не входять до складу даного залізничного напрямку. Моделювання надходження заявок на окрему станцію з тих станцій, які входять до даного напрямку, виконується за результатами роботи попередньої станції та з використанням графікової тривалості руху поїздів.

Для моделювання оперативних рішень поїзного диспетчера щодо можливості формування на головній станції двогрупного поїзда до складу ФМН включено модуль оперативного керування залізничним напрямком (МОКЗН). Оцінювання та прийняття рішення щодо формування окремого двогрупного поїзда виконується відповідно до спеціально розробленої процедури, яка приведена в роботі [10].

Дана модель функціонування залізничного напрямку дозволяє отримати необхідні експлуатаційні показники роботи як окремої станції за певний період, так і залізничного напрямку в цілому при різних системах організації вагонопотоків. Також, за допомогою імітаційної моделі залізничного напрямку, можна отримати значення загальних витрат на організацію вагонопотоків по варіантах оперативного коригування плану формування.

Крім цього інтересним є досвід бостонських вчених у створенні імітаційних моделей функціонування залізничної мережі. Одним із напрямків вирішення задачі щодо оперативного формування двогрупних поїздів є використання сучасних математичних методів прогнозування та управління експлуатаційною роботою в області “Soft Computing” [11], 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 використано модель оперативного прогнозування вагонопотоків на основі нейро-

нечіткої мережі типу NEFPROX (Neuro-Fuzzy function approximator) [12, 13]. На рисунку 2 представлена архітектура мережі NEFPROX.

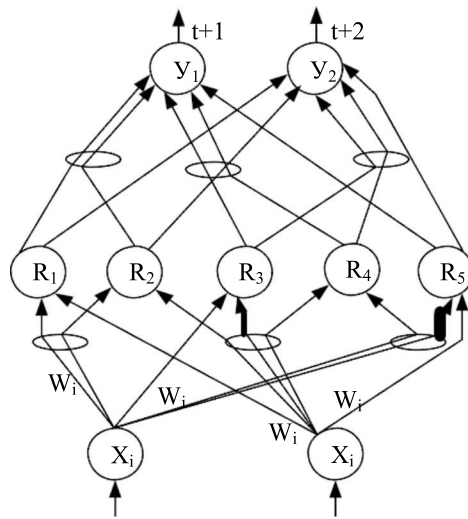


Рис. 2 – Архітектура мережі NEFPROX для оперативного прогнозування вагонопотоків

Система NEFPROX для оперативного прогнозування вагонопотоків представляє собою спеціальний тришаровий нечіткий перцептрон. В якому вхідні 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 поїзда.

Така інформація може бути отримана для кожного кроку роботи мережі з системи АСК ВП УЗ. 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 прогнозну тривалість накопичення таких вагонів з встановленим часом простою вагонів під накопиченням, який визначає мінімальний розмір добового вагонопотоку одного призначення для обов'язкового відправлення в спеціалізованих поїздах.

Для реалізації задачі оперативного визначення доцільності формування двогрупного поїзда в роботі розроблено модель оперативного коригування ПФП, яка базується на еволюційному моделюванні варіантів формування поїзда зі змінними сполученнями груп вагонів, що включаються до складу двогрупного поїзда.

З позиції запропонованого підходу процес пошуку оптимального варіанту організації групового поїзда можна моделювати на основі генетичного алгоритму [14–16]. Це дозволить шляхом послідовного підбору, комбінування й варіації пошукових параметрів задачі коригування ПФП за допомогою еволюційного механізму вибирати раціональний варіант об'єднання груп вагонів для організації групового поїзда в діючих умовах експлуатаційної роботи полігону мережі.

Висновки. Більш глибоке впровадження оперативного управління організацією вагонопотоків (в тому числі і за рахунок формування групових поїздів) дозволить скоротити витрати залізниць України на організацію вагонопотоків без додаткових капітальних вкладень. Але прийняття економічно вигідних рішень серед можливих варіантів організації вагонопотоків потребує значного часу на їх порівняння оперативним персоналом. Для прискорення та підвищення достовірності прийнятого рішення необхідно розробити СППР, яка повинна базуватися на існуючій інформаційній базі та автоматизованих системах. Але в розроблених СППР всі задачі повинні бути спочатку змодельовані на відповідних типових імітаційних моделях, які можуть бути досить швидко адаптовані для конкретних об'єктів залізниць з урахуванням їх техніко-технологічних особливостей. Вироблені СППР раціональні рішення повинні бути надані оперативному персоналу для прийняття остаточних управлінських рішень. Це дозволить з більшою оперативністю реагувати на зміну поточної ситуації на різних рівнях управління процесом перевезень.

Список літератури: 1. *Бородин, А. Ф.* Управление вагонопотоками в современных условиях [Текст] / *А. Ф. Бородин* // Ж.д. транспорт. – 1996. – №5. – С.10 -15. 2. *Кужель, А. Л.* Информационно-аналитические технологии оперативной корректировки и контроля выполнения плана формирования поездов [Текст] / *А. Л. Кужель, И. Н. Шапкин, А. Н. Вдовин* // Ж.д. транспорт. – 2011. – №7. – С.13 -20. 3. *Проخورченко, А. В.* Удосконалення технології корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення [Текст] / *А. В. Проخورченко, Л. В. Корженівський* // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – №6/6(36). – С.37-40. 4. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України [Текст] / Міністерство транспорту та зв'язку України, державна адміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця. – К: ТОВ «Швидкий рух». – 2005. – 100 с. 5. *Иловайский, Н. Д.* Организация вагонопотоков в условиях рынка [Текст] / *Н. Д. Иловайский, А. М. Рудых, Л. А. Каушанов* // Вестник ВНИИЖТ. – 1998. – Вып. 4. – С.43-48. 6. *Мазуренко, О. О.* Визначення ефекту від оперативного формування двогрупних поїздів на базі одногрупних призначень [Текст] / *О. О. Мазуренко* // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №6/3(54). – С.23-28. 7. *Погодин, А. Е.* Интеллектуальные транспортные системы на железнодорожном транспорте [Електронний ресурс] / *А. Е. Погодин, В. Г. Матюхин* // Евразия Вести. – 2012. – № IX. – Режим доступа: <http://www.eav.ru/publ1.php?publ1=2012-09a20>. 8. *Матюхин, В. Г.* Управление железной дорогой онлайн. [Електронний ресурс] / *В. Г. Матюхин* // Пульт управления. – 2011. – № 3. – Режим доступа: <http://www.pult.gudok.ru/archive/detail.php?ID=899785>. 9. *Мишарин, А.* Информатизация железнодорожного транспорта в условиях рыночной экономики. [Електронний ресурс] / *А. Мишарин* // Проблемы теории и практики управления. – 2003. – № 3. – Режим доступа: http://vasilieva.narod.ru/ptpu/7_3_03.htm. 10. *Вернигора, Р. В.* Дослідження ефективності технології формування двогрупних поїздів в оперативних умовах з використанням імітаційної моделі роботи залізничного напрямку / *Р. В. Вернигора, О. О. Мазуренко* // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» – 2011. – №53. – С.89-95. 11. *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. 12. *Nauck Detlef.* Designing neuro-fuzzy systems through backpropagation [Text] / *Detlef Nauck, Rudolf Kruse* // Fuzzy Modelling: Paradigms and Practice – 1996. – P. 203-228. 13. *Abdul-Rahman Omar.* An adaptive Parameters Binary-Real Coded Genetic Algorithm for Real Parameter Optimization: Performance Analysis and Estimation of Optimal Control Parameters [Text] / *Omar Abdul-Rahman, Masaharu Munetomo, Kiyoshi Akama* // International Journal of Computer Science Issues, Vol. 9, Issue 2. – 2012. – № 1. – P. 37-53. 14. *Wright, A.* Genetic

algorithms for real parameter optimization [Text] / *A. Wright* // Foundations of Genetic Algorithms, Vol. 1. – 1991. – P. 205-218. **15.** *Blanco, A.* A real-coded genetic algorithm for training recurrent neural networks [Text] / *A. Blanco, M. Delgado, M. C. Pegalajar.* // Neural Networks. – 2001. – № 14 – P. 93-105. **16.** *Nirmala, G.* A Genetic Algorithm Based Railway Scheduling Model [Text] / *G. Nirmala, D. Ramprasad* // International Journal of Science and Research, Vol. 3, Issue 1. – 2014. – P. 11-14.

Bibliography (transliterated): **1.** *Borodin, A. F.* (1996). Upravlenie vagonopotokami v sovremennykh usloviyakh. Zh.d. transport. №5, 10-15. **2.** *Kuzhel, A. L., Shapkin, I. N., Vdovin, A. N.* (2011). Informatsionno-analiticheskie tehnologii operativnoy korrektsirovki i kontrolya vyipolneniya plana formirovaniya poezdov. Zh.d. transport. №7, 13-20. **3.** *Prohorchenko, A. V., Korzhenivskiy, L. V.* (2008). Udoskonalennya tehnologiyi koreguvaniya planu formuvannya poyizdiv na osnovi pogodzenoyi organizatsiyi grupovih poyizdiv operativnogo pryznachennya. Shidno-Evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy. №6/6(36), 37-40. **4.** Instruktivni vказivki z organizatsiyi vagonopotokiv na zaliznitsyah Ukrayini. Ministerstvo transportu ta zv'yazku Ukrayini, derzhavna administratsiya zaliznichnogo transportu Ukrayini, Ukrzaliznitsya. – K: TOV «Shvidkiy ruh». 2005, 100. **5.** *Ilovayskiy, N. D., Rudyih, A. M., Kashtanov, L. A.* (1998). Organizatsiya vagonopotokov v usloviyakh ryinka. Vestnik VNIIZhT. Vyip. 4, 43-48. **6.** *Mazurenko, O. O.* (2011). Vznachennya efektu vid operativnogo formuvannya dvogrupnih poyizdiv na bazi odnogrupnih pryznachen. Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy. №6/3(54), 23-28. **7.** *Pogodin, A. E., Matyuhin, V. G.* (2012). Intellektualnyie transportnyie sistemyi na zheleznodorozhnom transporte. Evraziya Vesti. № IX. Rezhim dostupa: <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2012-09a20>. **8.** *Matyuhin, V. G.* (2011). Upravlenie zheleznoy dorogoy onlayn. Pult upravleniya. № 3. Rezhim dostupa: <http://www.pult.gudok.ru/archive/detail.php?ID=899785>. **9.** *Misharin, A.* (2003). Informatizatsiya zheleznodorozhnoho transporta v usloviyakh ryinochnoy ekonomiki. Problemyi teorii i praktiki upravleniya. № 3. Rezhim dostupa: http://vasilievaa.narod.ru/ptpu/7_3_03.htm. **10.** *Vernigora, R. V., Mazurenko, O. O.* (2011). Doslidzhennya effektivnosti tehnologiyi formuvannya dvogrupnih poyizdiv v operativnih umovah z vikoristannyam imitatsiyanoi modeli roboti zaliznichnogo napryamku. Visnik Natsionalnogo tehnicnogo universitetu «Harkivskiy politehnicniy institut». №53, 89-95. **11.** *Zadeh, L. A.* (1994). Fuzzy logic and soft computing: Issues, contentions and perspectives in Proc. IIZUKA'94: 3rd Int. Conf. Fuzzy Logic, Neural Nets and Soft Computing, p. 1–2. **12.** *Detlef Nauck, Rudolf Kruse.* (1996). Designing neuro-fuzzy systems through backpropagation. Fuzzy Modelling: Paradigms and Practice. P. 203-228. **13.** *Omar Abdul-Rahman, Masaharu Munetomo, Kiyoshi Akama.* (2012). An adaptive Parameters Binary-Real Coded Genetic Algorithm for Real Parameter Optimization: Performance Analysis and Estimation of Optimal Control Parameters. International Journal of Computer Science Issues. Vol. 9, Issue 2, № 1, 37-53. **14.** *Wright, A.* (1991). Genetic algorithms for real parameter optimization. Foundations of Genetic Algorithms. Vol. 1, 205-218. **15.** *Blanco, A., Delgado, M., Pegalajar, M. C.* (2001). A real-coded genetic algorithm for training recurrent neural networks. Neural Networks. № 14, 93-105. **16.** *Nirmala, G., Ramprasad, D.* (2014). A Genetic Algorithm Based Railway Scheduling Model. International Journal of Science and Research. Vol. 3, Issue 1, 11-14.

Надійшло (received) 10.10.2014