УДК 656.222.3:658.5 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.144.2014.79888

УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Д-р техн. наук О.В. Лаврухін, О.В. Митрофанова

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ

Д-р техн. наук А.В. Лаврухин, О.В. Митрофанова

IMPROVEMENT OF AUTOMATED OPERATIVE PLANNING TECHNOLOGIE OF THE RAILWAY STATION

Doct. of techn. sciences O.V. Lavrukhin, O.V.Mitrofanova

В даній науковій роботі приділено увагу вдосконаленню технології виконання процедури оперативного планування поїзної та вантажної роботи залізничної станції, яка дасть змогу отримати оптимальний варіант плану роботи лінійного підрозділу. Розглянуто варіанти вирішення поставленої проблеми та запропоновано розв'язання задачі формуванням моделі, що визначає оперативний план роботи залізничної станції. Для цього був застосований метод нечіткої логіки.

Ключові слова: *оперативне управління, оперативне планування, автоматизація процесу, лінгвістичні змінні, залізнична станція, цільова функція, система обмежень.*

В данной научной работе уделено внимание совершенствованию технологии выполнения процедуры оперативного планирования поездной и грузовой работы железнодорожной станции, которая позволит получить оптимальный вариант плана работы линейного подразделения. Рассмотрены варианты решения поставленной проблемы и предложены решения задачи формированием модели, которая определяет оперативный план работы железнодорожной станции. Для этого был применен метод нечеткой логики.

Ключевые слова: *оперативное управление, оперативное планирование, автоматизация процесса, лингвистические переменные, железнодорожная станция, целевая функция, система ограничений.*

With the development of the transport market the question to use modern wagons supply raises for all types of shippers. To address this question we must find a solution to the problem of shortage of rolling stock units, there is a problem because we have a large percentage of deteriorated rolling stock at the moment. At the same time the purchasing of new rolling stock requires significant investments, so the question of efficient usage of new technology with available transport is rising. In this research we paid attention to improving the technology of the procedures for operational planning train and freight operations rail station that will provide the best option of work plan of the linear unit. We considered and proposed a solution to the problem by forming a model that determines the operational work plan for the railway station. We used a method of fuzzy logic in this case.

Keywords: *operation management, operational planning, process automation, linguistic variables railway station, the objective function, system limitations.*

Вступ. У сучасних умовах ефективна робота залізничної інфраструктури залежить від раціонального використання засобів транспорту та людських ресурсів. Це можливо в умовах впровадження інноваційних проектів та удосконалення існуючих технологій роботи залізниць.

Сучасні тенденції розвитку ринку транспортних послуг свідчать про необхідність переорієнтації виробництва у бік поліпшення якості обслуговування клієнтів при умові збільшення прибутковості галузі, але, на жаль, на даний час спостерігаються дестабілізуючі процеси, які негативно відбиваються на якості

роботи Укрзалізниці. Зазначені процеси у своїй більшості обумовлюються недосконалою чинною системою оперативного планування та управління перевізним процесом. Згідно із зазначеним постає задача удосконалення існуючої автоматизованої технології оперативного планування та управління поїздопотоками [1].

Аналіз статистичних даних та попереднього досвіду. Офіційно опубліковані дані Укрзалізниці свідчать про негативну динаміку погіршення виконання показників у порівнянні з попередніми роками. Таким чином, аналізуючи експлуатаційний показник простою вагона на одній технічній станції (рис. 1), видно, що у порівнянні з 2005 роком він значно збільшився [2].

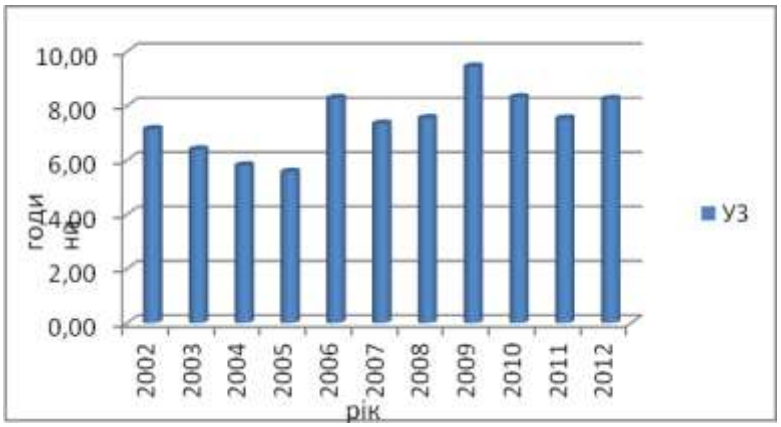

Рис. 1. Простій вагона на одній технічній станції

Це свідчить про необхідність удосконалення існуючої технології формування, просування та обробки поїздопотоків і приведення її до рівня, який відповідає існуючим вимогам реального часу. Як правило, погіршення цього показника свідчить про зменшення вагонопотоку, яке у свою чергу призводить до збільшення часу на формування поїздів різних категорій.

Постановка задачі дослідження. Одним з варіантів вирішення поставленої задачі дослідження є процедура автоматизованого визначення основних параметрів оперативного плану поїзної роботи полігону залізничної станції, яка стане основою технології оперативного планування на всіх рівнях Укрзалізниці.

При інтегруванні запропонованої моделі оперативного планування до автоматизованих робочих місць оперативних працівників всіх рівнів буде досягнуто глобальне удосконалення існуючої інформаційно-керуючої системи Укрзалізниці.

Згідно із зазначеним вирішення поставленої задачі є своєчасним та актуальним.

У розвиток теорії та практики технології перевізного процесу, а саме удосконалення систем планування та управління поїздопотоками зробили значний внесок такі вчені та практики: Акулінічев В.М., Архангельський Є.В., Бернгард К.А., Бобровський В.І., Бутько Т.В., Волков В.С., Грунтов П.С., Данько М.І., Дьяков Ю.В., Жуковицький І.В., Івницький В.А., Іловайський М.Д., Котенко А.М., Кулешов В.М., Ломотько Д.В., Міроненко В.К., Нагорний Є.В., Негрей В.Я., Тихоміров І.Г., Тихонов Г.Н., Тишкін Є.М., Шаров В.А., Шафіт Є.М., Яновський П.О. та інші.

Побудова математичної моделі. З метою формалізації процедури визначення оперативного плану залізничної станції було сформовано цільову функцію (1), яка є основою формування комплексу моделей, призначенням яких є визначення оптимального плану поїзної роботи полігону залізниць [5, 10]:

$$\Delta X = \sum_{i=1}^{l}\sum_{p=1}^{к}\left(X_{ip}^{пл} - X_{ip}^{вик}\right) \to \min , \qquad (1)$$

при обмеженнях

$$\begin{cases} x_1 \le 24 - t_{\hat{o}} \\ x_2 \le 24 - \left(\sum_{j=1}^{h} t_j + \sum_{q=1}^{w} t_q \right), \end{cases}$$

де ΔX – параметр виконання плану; $X_{ip}^{пл}$ – заплановане число поїздів, які будуть перероблюватися на станції (прибуття, відправлення, формування маршрутів); $X_{ip}^{пл}$ – 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 відправлених, прибулих поїздів та сформованих маршрутів); x_1 – час до відправлення поїзда зі станції формування (при умові наявності на станції формування вагонів у кількості, необхідній для формування поїзда), год; x_2 – час проходження поїзда від станції формування до станції розформування (з урахуванням перегінних часів ходу, часів на схрещення, обгони тощо); $t_ф$ – час на формування певного поїзда, год; t_j – час проходження поїздів по перегонах ($j = 1,2,...,h$ де h- кількість перегонів), год; t_q – час простою поїздів під схрещеннями, обгонами, з неприймання на станцію ($q = 1,2,...,w$ де w – кількість розмежувальних пунктів, на яких відбувалася затримка поїзда), год.

Практично на кожний елемент цільової функції (1) впливає ряд не взаємозалежних параметрів, згідно з цим задачу формування моделей оперативного планування поїзної роботи доцільно віднести до слабоструктурованої і вирішувати на основі застосування методів нечіткої логіки.

Згідно з цільовою функцією (1) комплекс моделей щодо оптимального плану поїзної роботи полігону залізниць буде складатися з трьох взаємозалежних моделей.

Згідно з поставленою задачею моделювання процесу визначення кількості поїздів, що підлягають прийманню станцією з кожного напрямку визначено трійку лінгвістичних змінних у вигляді [6]: $\langle x_1, T, H \rangle$, $\langle x_2, T, H \rangle$, $\langle x_3, T, H \rangle$. Безпосередньо переходячи до формалізації визначених лінгвістичних змінних, одержано:

$$\begin{cases} \langle x_1, T, H \rangle; \\ \langle x_2, T, H \rangle; \\ \langle x_3, T, H \rangle. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \langle \text{"Час до відправлення"}, \{\text{"в межах доби"}, \text{"за межами доби"}\}, [0,24] \rangle; \\ \langle \text{"Час проходження"}, \{\text{"в межах доби"}, \text{"за межами доби"}\}, [0,24] \rangle; \\ \langle \text{"Час до закінчення доби"}, \{\text{"не встигне"}, \text{"встигне"}\}, [0,24] \rangle. \end{cases} \quad (2)$$

де x_1 – лінгвістична змінна «Час до відправлення», яка характеризує час до відправлення поїзда зі станції формування (при умові наявності на станції формування вагонів у кількості, необхідній для формування поїзда); x_2 – лінгвістична змінна «Час проходження», яка характеризує час проходження поїзда від станції формування до станції розформування; x_3 - лінгвістична змінна "Час до закінчення доби", яка характеризує час, який залишився до закінчення планової доби.

У даному випадку побудову функцій приналежності більш доцільно здійснювати на основі нормального розподілу (розподіл Гаусса), який дозволяє описувати значну більшість природних процесів притаманних життєдіяльності людини при значній кількості досліджень:

$$\mu_{\alpha_1^{hdv}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma}} e^{-\frac{[x_1 - \bar{x}_1]}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

де c – коефіцієнт зміщення; σ – коефіцієнт масштабу; $\bar{x}_1$ – математичне очікування часу відправлення поїзда.

З виразу (3) виходить, що розподіл Гаусса залежить від двох параметрів [7] – зміщення та масштабу, тобто, з математичної точки зору, є не одним розподілом, а цілим їх сімейством. Значення параметрів відповідають

значенням середнього (математичного очікування) і розкиду (стандартного відхилення). На рис. 2-4 наведено графічну інтерпретацію визначених функцій приналежності.

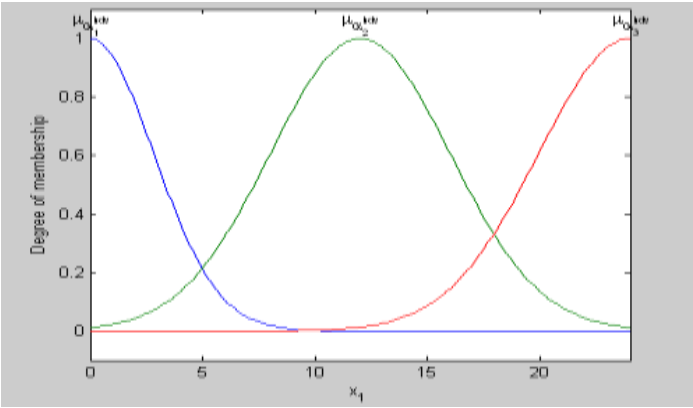

Рис. 2. Графічна інтерпретація функцій приналежності $\mu_{\alpha_1^{hdv}}$, $\mu_{\alpha_2^{hdv}}$, $\mu_{\alpha_3^{hdv}}$

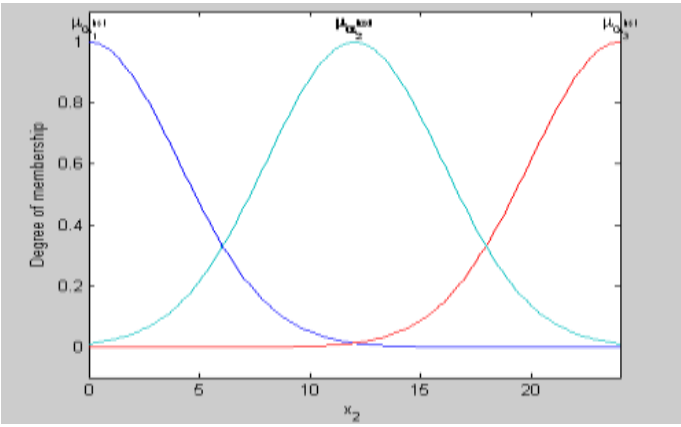

Рис. 3. Графічна інтерпретація функцій приналежності $\mu_{\alpha_1^{hsl}}$, $\mu_{\alpha_2^{hsl}}$, $\mu_{\alpha_3^{hsl}}$

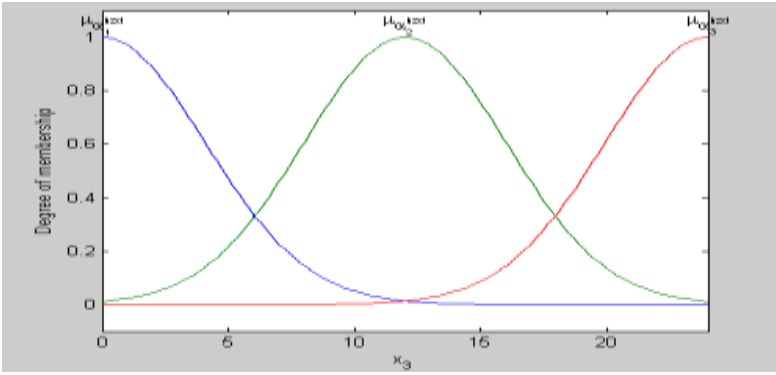

Рис. 4. Графічна інтерпретація функцій приналежності $\mu_{\alpha_1^{hzd}}$, $\mu_{\alpha_2^{hzd}}$, $\mu_{\alpha_3^{hzd}}$

Для вирішення задачі знаходження впевненості у відправленні поїзда зі станції формування в планову добу необхідно визначити такі лінгвістичні змінні у вигляді: $\langle w,T,V \rangle$, $\langle r,T,H \rangle$. Безпосередньо переходячи до формалізації визначених лінгвістичних змінних, одержано [8]:

$$\begin{cases}\langle w,T,V\rangle; \\ \langle r,T,H\rangle.\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}\langle \text{"Кількість вагонів"}, \{\text{"групавагонів"}, \text{"поїзд"}\}, [0,50]\rangle; \\ \langle \text{"Час до закінчення формування"}, \{\text{"не відправиться"}, \text{"відправиться"}\}, [0,24]\rangle.\end{cases} \quad (4)$$

Формування правил, побудова відповідних функцій приналежності та логічних висновків буде отримано аналогічно першій моделі.

Формування наступної моделі ґрунтується на визначенні такого комплексу лінгвістичних змінних:

$$\begin{cases}\langle v_1,T_1,V\rangle; \\ \langle v_2,T_2,H\rangle; \\ \langle v_3,T_3,E\rangle; \\ \langle v_4,T_4,L\rangle\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}\langle \text{"Кількість вагонів"}, \{\text{"групавагонів"}, \text{"поїзд"}\}, [0,50]\rangle; \\ \langle \text{"Спроможність станції"}, \{\text{"не відправиться"}, \text{"відправиться"}\}, [0,50]\rangle; \\ \langle \text{"Кількість станцій"}, \{\text{"не раціонально"}, \text{"раціонально"}\}, [0,10]\rangle; \\ \langle \text{"Час до закінчення доби"}, \{\text{"не встигне"}, \text{"встигне"}\}, [0,24]\rangle.\end{cases} \quad (5)$$

Висновки. Впровадження запропонованої математичної моделі до автоматизованої системи управління перевезеннями на залізничному транспорті, яка практично має характер інформаційно-довідкової за своєю сутністю, надасть змогу підвищити рівень планування та управління перевезеннями на залізничному транспорті. Запропонована автоматизована технологія надасть оперативному апарату управління фактично об'єктивного помічника, який буде миттєво надавати поради щодо вирішення будь-якого складного завдання.

Список використаних джерел

1. Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями [Текст]: навч. посіб. / О.В. Лаврухін, П.В. Долгополов, В.В. Петрушов, О.М. Ходаківський. – Харків: Тов. Компанія СМІТ, 2011. – С. 118.
2. Довідник основних показників роботи залізниць України (2002-2012 роки) [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 2013. – С. 20.
3. Информационные технологии на железнодорожном транспорте: учебн. для вузов ж.-д. трансп. [Текст] / под ред. Э.К. Лецкого, Э.С. Поддавашкина, В.В. Яковлева. – М.: УМК МПС России. – 2000. – С. 450.
4. Правила планування перевезень вантажів [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 2002.
5. Акулиничев, В.М. Применение математических методов и вычислительной техники в эксплуатации железных дорог [Текст]: учеб. пособие / В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, В.А. Шульженко / Под. ред. В.М. Акулиничева. – М.: Транспорт, 1973. – С. 196-200.
6. Мелехов, А.Н. Ситуационные советующие системы с нечёткой логикой / А.Н. Мелехов, Л.С. Бернштейн, С.Я. Коровин. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит. – 1990.
7. Бутько, Т.В. Планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин/ Т.В. Бутько, О.В. Лаврухін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2004. – Спецвипуск № 7. – С. 16-19.
8. Данько, М.І. Удосконалення процесу змінно-добового планування на основі застосування інтелектуальних методів [Текст] / М.І. Данько, О.В. Лаврухін, Л.І. Рибальченко, В.О. Романчук // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 119. – С. 7-11.
9. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах [Текст]: підручник для ВНЗ / за ред. В.І. Ковалева, А.Т. Осьміної, Г.М. Грошевої. – М.: Маршрут, 2006. – С. 18-24.

10. Кулешов, В.М. Знаходження критерію пріоритетності розподілу технічних засобів реалізацією системи нечіткого виводу [Текст] / В.М. Кулешов, Ю.В. Доценко // Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 66. – С. 22-28.

Лаврухін Олександр Валерійович, доктор техн. наук, доцент, завідуючий кафедрою управління вантажною і комерційною роботою (УкрДАЗТ). Тел.(057)730-10-85
Митрофанова Олена Вікторівна, магістрант (УкрДАЗТ), інженер служби матеріально-технічного постачання Одеської залізниці. Тел.(048)727-29-01

Lavrukhin A.V., doct. of techn. sciences, associate professor, head of UWCC (UkrDAZT). Tel. (057) 730-10-85.
Mitrofanov Elena, master student, Ukraine State Academy of Railway Transport, engineer of logistics Odessa railway. Tel. (048) 727-29-01.