

5 Методические указания по определению экономической эффективности капитальных вложений и технических решений в транспортном строительстве. – М.: Оргтрансстрой, 1976.

6 Крячко В.І. Розрахунки та проектування основних пристроїв на залізничних станціях /Навчальний посібник, Ч.1, 2 – ХарДАЗТ, 2001.

7 Крячко В.И. Требования к проектированию основных устройств на отдельных пунктах. Проектирование малых отдельных пунктов /Конспект лекций. – Харьков, УкрГАЖТ, 2002.

УДК 656.025:510.223

*Лаврухін О.В., доцент (УкрДАЗТ)
Бочаров О.П., заступник директора (ПКТБ АСУЗТ УЗ)
Горбачов О.А. (Південна залізниця)*

МЕТОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЗМІННО- ДОБОВОГО ПЛАНУВАННЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ НЕЙРОНИХ МЕРЕЖ.

Вступ. В існуючих умовах формування ринку транспортних послуг постає питання удосконалення технології роботи основних залізничних підрозділів з безумовною орієнтацією їх діяльності на задоволення основних (надання вагонів під перевезення, своєчасну доставку вантажу, забезпечення схоронність вантажу...) та додаткових (надпланове надання вагонів під перевезення вантажу, надання оперативної та достовірної інформації у реальному режимі часу, щодо дислокації вагонів, надання попередньої і точної інформації...) вимог вантажовласників. Основою раціонального виконання поставлених задач є система змінно-добового планування. [1, 2].

Аналіз проблеми. В даний час, згідно звітних даних Укрзалізниці, спостерігається різкі коливання обсягів перевезень (рисунки 1-3), які у більшості випадків обумовлені сезонним фактором та фактором наближення до звітного періоду [3, 4]. Факт наявності зазначених коливань спричиняє серйозні труднощі при плануванні роботи залізниць, яка пов'язана з організацією і просуванням вагонопотоків, що в свою чергу негативно відбивається на раціональному використанні основних засобів

транспорту. В таких умовах досить важко чітко спланувати роботу підрозділів, що тягне за собою необхідність постійного оперативного втручання у розробленні змінно-добові плани (оперативні корегування планів по 4- 6- годинних інтервалах). Але оперативне втручання в свою чергу ускладнюється і фактично втрачає сенс оперативності з-за низького рівня автоматизації процесу планування та моніторингу виконання планів експлуатаційної роботи. Цей факт негативно впливає на об'єктивність розробки та корегування змінно-добових планів, що в свою чергу фактично призводить до втрати можливості швидкого реагування та оперативного втручання в процес управління перевезеннями ще на етапі складання змінно-добових планів роботи. Основного значення при змінно-добовому плануванні набуває вплив так званого “людського фактору”, що безпосередньо може впливати на раціональне використання вагонів, локомотивів, локомотивних бригад, ПРМ та існуючого колійного розвитку. Тому в теперішній час набуває актуальність автоматизація технології змінно-добового планування, що виключає вплив людського фактору і дозволяє розробляти раціональний змінно-добовий план.

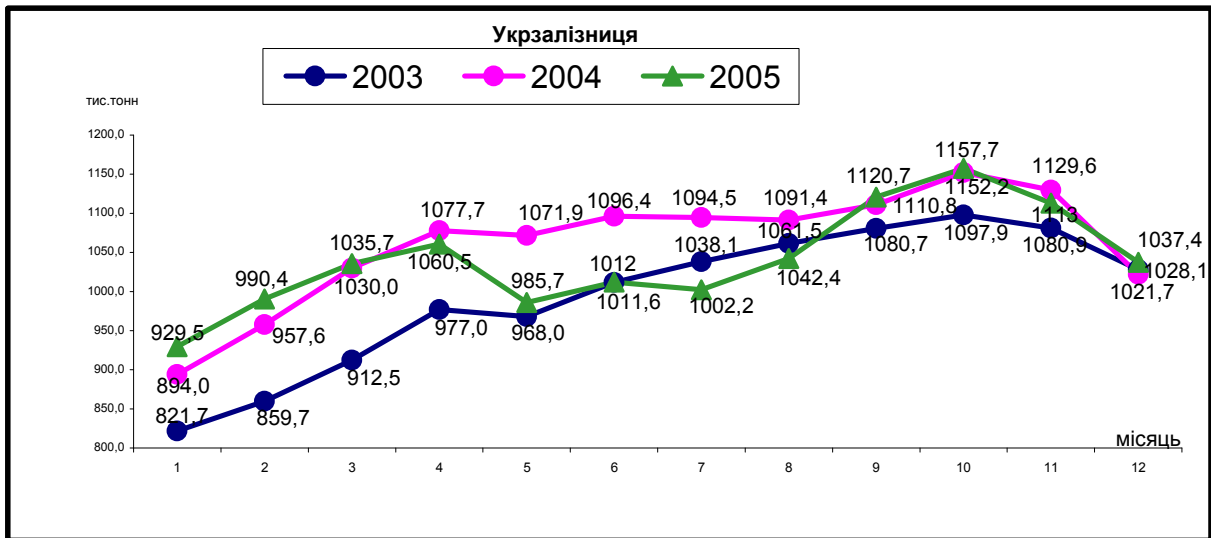


Рисунок 1 - Динаміка зміни середньодобового навантаження по місяцях

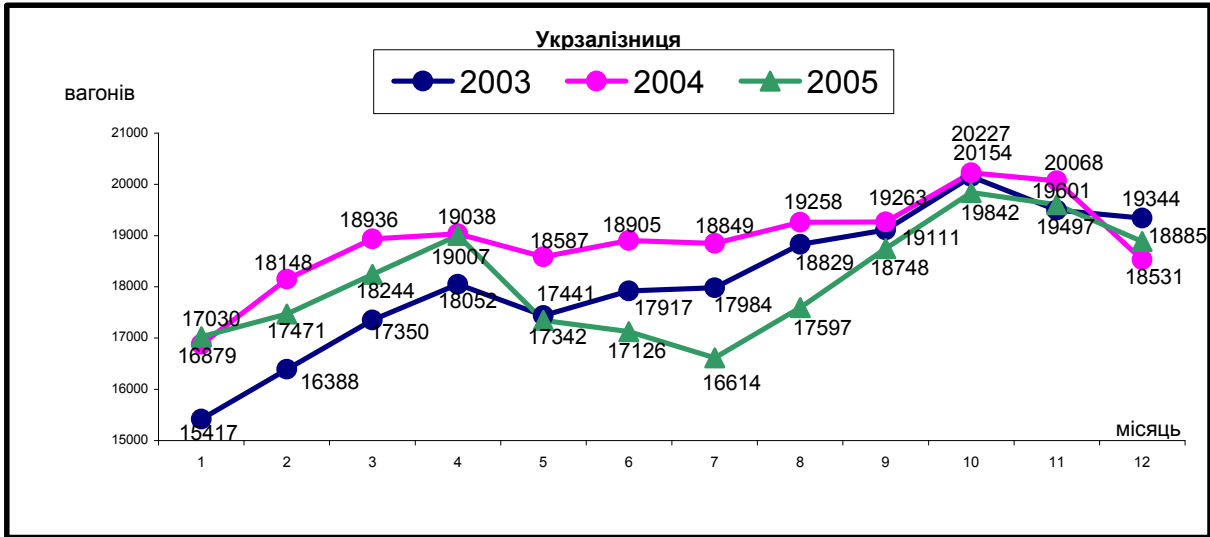


Рисунок 2 - Динаміка зміни середньодобового вивантаження по місяцях

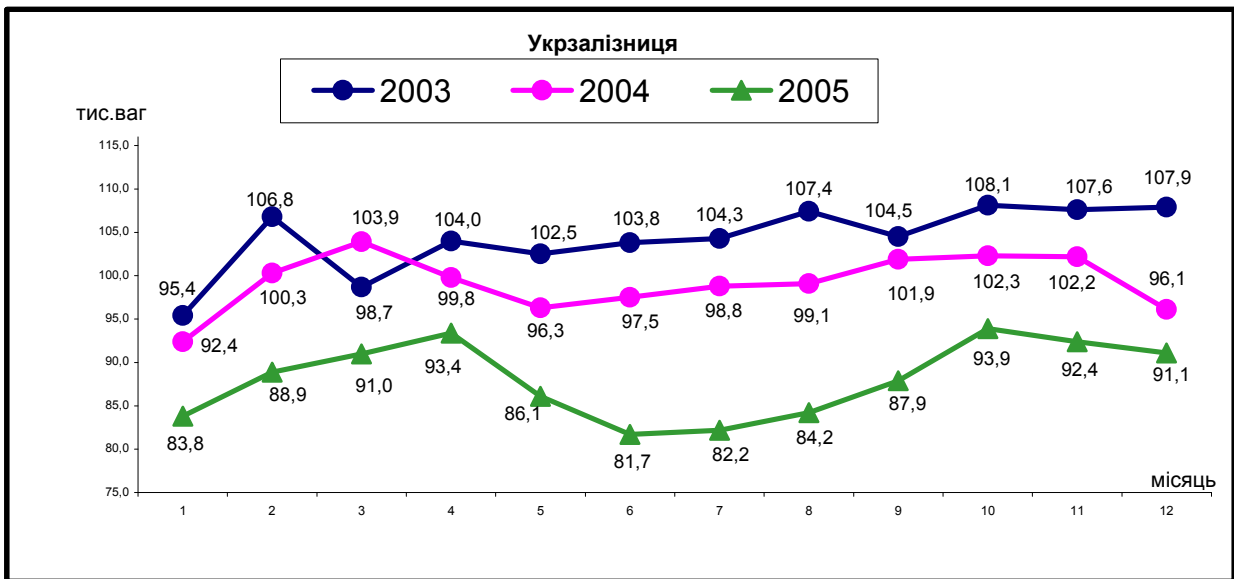


Рисунок 3 - Динаміка зміни середньодобового робочого парку вагонів по місяцях

Для розробки ефективної системи змінно-добового планування та оперативного корегування планів роботи необхідно поставити загальні задачі дослідження:

- проаналізувати існуючу технологію оперативного планування поїзної та вантажної роботи та визначити вузькі місця і недоліки цієї технології на різних рівнях управління;
- проаналізувати особливості виконання змінно-добових планів в умовах конкретних залізниць;
- розглянути різні методи прогнозування, які використовуються на даний момент для покращення розробки оперативних планів поїзної та вантажної роботи та сучасні методи, які доцільно використовувати для врахування нечіткості ситуацій при плануванні;
- сформулювати систему чинників, що впливають на процес формування плану;
- проаналізувати і удосконалити систему форм документів, що містять необхідну інформацію для формування плану;
- розробити комплексний критерій ефективності змінно-добового плану для вибору найбільш раціонального;
- розробити комплекс задач, що буде вирішувати автоматизована система змінно-добового планування;
- відповідно до поставлених вище задач розробити автоматизовану систему формування якісного змінно-добового плану рівня залізниці, причому розробка і реалізація зазначеної системи повинна виконуватися в два етапи. На першому етапі розробляється інформаційно-довідкова система, яка акумулює в собі всю нормативну документацію та інформацію по розроблених планах і їх виконанню у реальному режимі часу. На другому етапі розробляється система підтримки прийняття рішень, яка на основі аналізу оперативних даних надає найбільш раціональні варіанти розробки, виконання та оперативного корегування змінно-добових планів.

Постановка задачі дослідження. Стан регулювання перевізного процесу безперервно пов'язаний з оперативним плануванням експлуатаційної роботи. Фактична поїзна обстановка за кожну добу в основному відрізняється від тієї середньої, яка передбачається при складанні технічних норм експлуатаційної роботи.

Як на Південній так і на всіх інших залізницях України метою оперативного планування роботи є забезпечення в конкретних умовах даного відрізка часу (добы, зміни) виконання встановлених технічними нормами показників експлуатаційної роботи [4, 5].

Оперативне планування є важливим засобом у забезпеченні рівномірності в поїзній і вантажній роботі й виконанні графіка руху поїздів.

Основним завданням оперативного планування поїзної і вантажної роботи є визначення на запланований період:

- кількості і часу відправлення поїздів із сортувальних, дільничних і вантажних станцій;
- розмірів руху на всіх дільницях залізниці і передача поїздів і вагонів по стикових пунктах між державами, залізницями і дирекціями;
- потреби в локомотивах і локомотивних бригадах для забезпечення встановлених розмірів руху;
- потреби в пересилання локомотивів і локомотивних бригад в межах дільниць їх обертання;
- обсягів навантаження в цілому, за родом вантажів, типом рухомого складу та його приналежністю й власністю;
- вивантаження в цілому і за родом рухомого складу, його приналежністю і власністю;
- кількості вагонів, що підлягають передачі по регульовальному завданню за належністю і порядку їх відправлення і просування;
- кількості утримання і передачі вагонів власності країн СНД і Балтії;
- кількості власних вагонів, які приймають участь у перевезеннях;
- завдань на розвезення місцевого вантажу і порожніх вагонів під навантаження;
- показників використання рухомого складу.

Таким чином стає очевидним, що розробка оперативного плану поїзної і вантажної роботи є складною багатофакторною задачею з неоднозначним рішенням. Тобто якісний аналіз, розрахунок та врахування розглянутих вхідних параметрів плану безпосередньо виплаває на якість експлуатаційної роботи і має багато варіантів її реалізації. Цей факт накладає великий рівень відповідальності на працівників, які розробляють змінно-добові плани, збирають звітну та оперативну інформацію, безпосередньо виконують план робіт тому що помилка в одній ланці цього ланцюга може привести до значних експлуатаційних збитків. Усунути таку помилку і відновити ритмічну роботу полігону дуже складно. Так, наприклад, при прогнозі закінчення формування вантажного поїзду маневровий диспетчер замовляє поїзний локомотив у поїзного диспетчера, який в свою чергу повинен узгодити надання локомотива з локомотивним диспетчером на певний час. Але нерідкі випадки, коли при підході локомотива до станції формування поїзд ще фактично не сформований і тому прибувши на станцію локомотив буде простоювати в очікуванні закінчення формування. При цьому на цієї же дільниці може бути вже готовим до відправлення інший поїзд, який знаходиться на прилеглих

станціях, але локомотив під нього може ще не прибути. В таких умовах необхідно прийняти оперативне обґрунтоване рішення по перерозподілу локомотивів, а якщо техніко-економічне обґрунтування доведе нерациональність такого регулювання потрібно буде прийняти альтернативні заходи. Фактично людина, яка приймає рішення, не в змозі виконати зазначені операції у оперативному режимі, що робить подальші дії стосовно даної ситуації недоцільними. В такій ситуації доцільно покласти розрахунки на автоматизовану систему, яка швидко розрахує раціональні варіанти розвитку ситуації, а людина, яка приймає рішення обере більш доцільний або відхилить у разі неможливості системи врахувати форс мажорні обставини. Тобто необхідно розробити систему підтримки прийняття рішень, в основу якої буде покладено принципи самонавчання і врахування нечіткості ситуацій, що дасть можливість більш якісного складання та корегувати змінно-добового плану і як слідство покращити рівень використання вагонного і локомотивного парку, пристроїв навантаження-вивантаження, колійного розвитку, людських ресурсів і т.д.

Розробка алгоритму та математичної моделі. Поставлену задачу оперативного перерозподілу локомотивів в загальному вигляді можливо вирішити на основі методів нечіткої логіки та нейронних мереж.

Згідно умов існування ринку транспортних послуг доцільно одним з критеріїв раціонального розподілу локомотивного парку обрати економічний. Таким чином на прикладі моделювання нейрону, який в подальшому стане частиною персептрону, можливо розробити модель вибору найбільш раціонального з економічної точки зору варіанту перерозподілу локомотивного парку у оперативному режимі.

Постановка задачі може виходити з визначення мінімальних експлуатаційних витрат та максимальних прибутків, тобто повинні виконуватися наступні умови:

$$e_{\text{витр}}^{\text{експ}} \rightarrow \min, e_{\text{приб}}^{\text{експ}} \rightarrow \max.$$

Згідно [6] подальше представлення алгоритму побудови нейронної мережі можливо у вигляді простої нейронної мережі, яка містить один нейрон (рисунок 4).

В даному випадку можливо у якості функції активації $o = f(\text{net})$ мережі обрати функцію сигмоїдного типу:

$$o = o(w^T x) = \frac{1}{1 + e^{-w^T x}}, \quad (1)$$

де $x^T = (x_1, \dots, x_n)$ - вектор вхідних сигналів (значення експлуатаційних витрат);

$w^T = (w_1, \dots, w_n)$ - ваговий вектор мережі (значення, які надаються певним значенням експлуатаційних витрат).

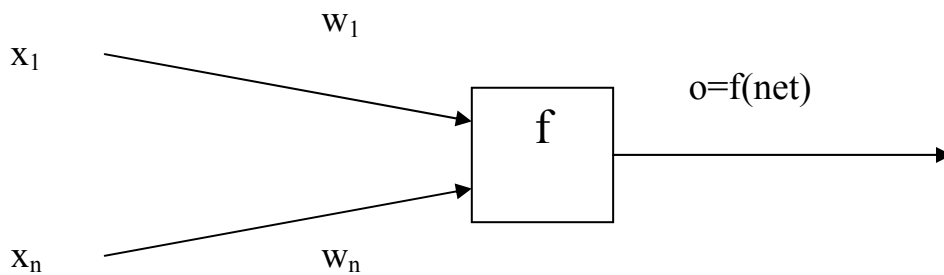


Рисунок 4 – Нейронна мережа визначення економічної доцільності
раціонального перерозподілу локомотивів

Для адекватного функціонування моделі нейронної мережі необхідно визначити вибірку та алгоритм навчання. Таким чином вибірка буде мати вигляд:

$$\begin{aligned} x^1 &= (x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1)^T, y^1, \\ x^2 &= (x_1^2, x_2^2, \dots, x_n^2)^T, y^2, \\ &\dots\dots\dots \\ x^N &= (x_1^N, x_2^N, \dots, x_n^N)^T, y^N, \end{aligned}$$

де $y^k, N=1, k$ - значення виходу, тобто конкретна величина, яка характеризує економічні витрати при обраної стратегії.

В якості функції помилки для k -го елемента вибірки навчання доцільно прийняти величини, пропорційну квадрату різності потрібного виходу та виходу мережі:

$$E_k = \frac{1}{2}(y^k - o^k)^2 = \frac{1}{2}(y^k - o^k(w^T x^k))^2 = \frac{1}{2}\left(y^k - \frac{1}{1 + e^{-w^T x^k}}\right)^2, \quad (2)$$

Відповідно, сумарна функція помилки по всіх елементах вибірки дорівнює:

$$E = \sum_{k=1}^N E_k, \quad (3)$$

В даному випадку задача навчання мережі зведена до підбору такого вектора w , при якому досягається мінімум E . Згідно [6] поставлену задачу можна вирішити градієнтним методом, використовуючи співвідношення:

$$w := w - \eta E'_k(w), \quad (4)$$

де $E'_k(w)$ - вектор градієнта;

η - константа.

Згідно з цим в розгорнутому вигляді вектор дорівнює:

$$E'_k(w) = \frac{d}{dw} \left(\frac{1}{2} \left(y^k - \frac{1}{1 + e^{-w^T x^k}} \right)^2 \right) = -(y^k - o^k) o^k (1 - o^k) x^k, \quad (5)$$

Таким чином одержано можливість записати алгоритм корегування вектора вагових коефіцієнтів мережі в наступній формі:

$$w := w + \eta (y^k - o^k) o^k (1 - o^k) x^k = w + \eta \delta_k x^k, \quad (6)$$

де

$$\delta_k = (y^k - o^k) o^k (1 - o^k), \quad (7)$$

Висновки. Таким чином одержані математичні вирази повністю визначають алгоритм навчання нейронної мережі визначення економічної

доцільності раціонального оперативного перерозподілу локомотивного парку.

В межах даної роботи не можливо відобразити загальну модель доцільності перерозподілу парку локомотивів, яка повинна враховувати час слідування локомотиву до станції формування поїзда, затримки на шляху прямування локомотива, час закінчення формування поїзда, порівняльну характеристику певного набору варіантів.

При створенні багат шарової нейронної мережі буде одержано можливість пошуку раціональних варіантів розподілу технічних засобів (локомотивів, вагонів), а впровадження до алгоритму розрахунку основних положень теорії нечітких множин дозволить створити систему підтримки прийняття рішень оперативного персоналу при змінно-добовому плануванні та його корегуванні.

Список літератури

1. Шиш В.О., Яновський П.О, Семенюк М.Й., Бочаров О.П., Липовець Н.В., Романенко Н.В., Островська А.В. Практичні рекомендації з технолого-економічного управління експлуатаційною роботою залізниць. Наказ № 412-Ц від 10.11.2006. - Київ, 2007.
2. Бутько Т.В, Лаврухін О.В. Удосконалення технології організації перевезень в умовах невизначеності на основі раціонального використання засобів транспорту. Зб. наук. праць. - Донецьк: ДонІЗТ, 2006. – Вип. 8. - С. 21-29.
3. Бутько Т.В., Лаврухін О.В. Планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин // Східно-Європейський журнал передових технологій.2004. – Спецвипуск 7 [1]. – С. 16 - 19.
4. Данько М.І., Лаврухін О.В. Прогнозування розподілу вагонопотоків на основі теорії нечітких множин // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків, 2004. – Вип. № 2. – С. 80 – 83.
5. Інструкція з оперативного планування поїзної і вантажної роботи на залізницях України, затверджений наказом Укрзалізниці від 15 грудня 2004 року № 969-ЦЗ, ЦД-0052.
6. Барский А.Б. нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений // Финансы и статистика. – Москва, 2004.