

УДК 656.072.001.57

*Канд. техн. наук А.В. Прохорченко,
М.В. Кулакова,
С.В. Юсіфов*

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА ОСНОВІ НЕЙРО-НЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Представила д-р техн. наук, професор Т.В. Бутько

Вступ і актуальність теми. В сучасних економічних умовах пасажирському господарству необхідно вирішувати складні проблеми адаптації до роботи в умовах розвитку та удосконалення ринку транспортних послуг, знаходити більш ефективні технології організації процесу перевезення та методи їх реалізації. Згідно з Державною цільовою програмою реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки [1], одним із основних напрямків удосконалення організації пасажирських перевезень є впровадження гнучких технологій поїздоутворення, що забезпечить вирішення проблеми ресурсозбереження.

Аналіз останніх досліджень. Як показує практика, технологія організації пасажиропотоків та поїздоутворення з урахуванням схем та композицій составів має багато серйозних недоліків, головним з яких є недостатня адаптація до умов

транспортного ринку [2]. У зв'язку з цим сьогодні виникає необхідність створення гнучкої технології поїздоутворення на базі системи прогнозування пасажиропотоків, яка дозволить на розрахунковий період оперативно корегувати схеми та композицію составів відповідно до прогнозованої потреби ще на першій стадії розробки плану формування поїздів.

При аналізі поведінки ринку транспортних послуг [2,3] можливо стверджувати, що більш визначеною характеристикою процесів формування пасажиропотоку є природна сезонна нерівномірність та нерівномірність за днями тижня. Окремо слід виділити вплив святкового попиту, який призводить до ефекту збурення системи, що потребує перевірки її на стійкість функціонування. Зміна переваг та бажань пасажирів при виборі варіанта поїздки достатньо зумовлена виникненням випадкових та

свідомих дій та факторів, які відповідно до умов виникнення ситуацій є складними і нечітко визначеними. Отже, все це дозволяє вважати, що невизначеність ситуації впливає на стійкість тенденції до зміни попиту на перевезення. Наслідком порушення закономірності формування пасажиропотоків буде невідповідність запланованої потреби у вагонах до реальної, що призводить до збільшення витрат на здійснення пасажирських перевезень.

Постановка задачі. З метою прогнозування в умовах невизначеності доцільним є використання короткострокового прогнозування параметрів пасажиропотоків. Як було зазначено вище, специфіка прогнозованих параметрів транспортного ринку полягає в їхній швидкій мінливості, тому більш ефективним є використання адаптивних методів, що враховують інформаційну нерівнозначність даних.

Розв'язання задачі. Для вирішення проблеми прогнозування пасажиропотоків у роботі запропоновано використати метод прогнозування на основі нейро-нечіткої мережі типу NEFPROX (англ. – Neuro-Fuzzy function approximator) [4]. Перевагою

такого методу є можливість врахування природно властивої невизначеності даних, що засновані на понятті нечіткості, та можливість в короткі інтервали часу адаптуватися до змінних умов поточного періоду планування.

Система NEFPROX для оперативного прогнозування пасажиропотоків являє собою спеціальний тришаровий нечіткий перцептрон, в якому вхідні нейрони, позначені як x_i , де $i=1, \dots, M$, умовно відповідають дням тижня, що передують горизонту прогнозування та моделюють кількість перевезених пасажирів U_i , де $i=1, \dots, n$. 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 пасажиропотоків у вигляді нечітких правил типу ЯКЩО-ТО. Вихідний шар складається з двох штучних нейронів, де нейрон y_1 моделює лаг прогнозування $t+1$, відповідно y_2 моделює лаг прогнозування $t+2$. На рис. 1 подана архітектура мережі NEFPROX.

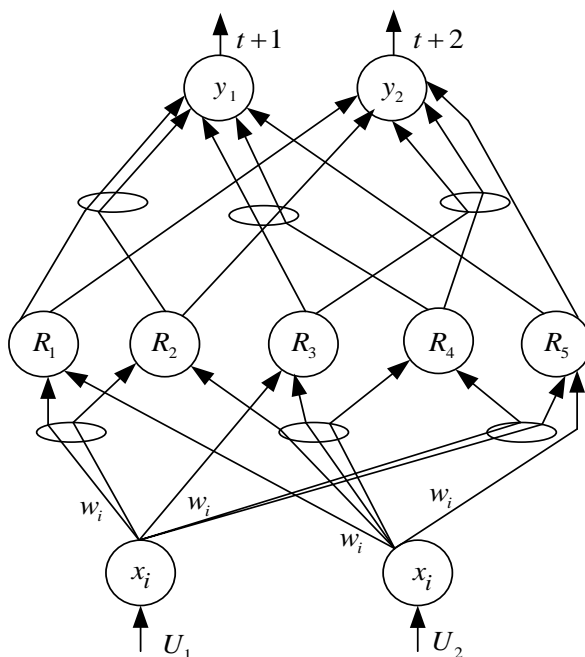


Рис. 1. Архітектура мережі NEFPROX для оперативного прогнозування пасажиропотоків

Попередні значення часового ряду U_i , що відповідають кількості перевезених пасажирів, у моделі прогнозування подано у вигляді нечіткої множини U_i , з

$$\mu: R \rightarrow [0,1], \mu(x) = \begin{cases} (x-a)/(b-a), & \text{якщо } x \in [a,b]; \\ (c-x)/(c-b), & \text{якщо } x \in [b,c]; \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (1)$$

Використаний тип функцій належності дозволяє описати невизначеність даних щодо кількості перевезених пасажирів, де відхилення загального обсягу пасажиропотоків є однаковим при їх збільшенні або зменшенні, тобто симетричним. Таким чином, згідно з вищенаведеним та фундаментальними результатами доведеної теореми про універсальність нечітких систем щодо апроксимації функцій [4], вибір саме такого типу функцій належності є обґрунтованим та відповідає процесу, що описується.

Ініціалізована початкова нейро-нечітка мережа, на основі даних з АСК ПП УЗ, є початковим рішенням для проведення навчання моделі прогнозування та формування нечітких правил, що описують складні залежності формування пасажиропотоків.

Для навчання нейро-нечіткої моделі прогнозування пасажиропотоків використовується спеціальний алгоритм [4], який дозволяє знайти оптимальну кількість правил, необхідних для подальшого прогнозування пасажиропотоків у реальному режимі часу функціонування АСК ПП УЗ. Алгоритм навчання з учителем для нечітких множин системи NEFPROX реалізується циклічно шляхом навчання на основі навчальної вибірки $L = \{(s_1, t_1), (s_2, t_2), \dots, (s_r, t_r)\}$, що складається з r зразків, кожний з яких

відповідними функціями належності трикутного типу $\mu(x)$, які описуються трьома параметрами: a, b, c .

складається з вхідного зразка $s \in E^{(n)}$, зразка $t \in E^{(n)}$ (мета навчання) та множини обмежень Φ , що накладаються на нечіткі множини: нечітка множина не повинна перетинатися зі своїм сусідом, як праворуч, так і ліворуч під час навчання; асиметричне навчання.

В роботі запропоновано використати даний процес формування моделі для короткострокового виду прогнозу з наступною перевіркою отриманої моделі на точність і адекватність. Адекватність моделі оцінюється шляхом дослідження властивостей залишкового компонента, що являє собою розбіжність між фактичними і прогнозними значеннями, на незалежність рівнів ряду залишків, їхню випадковість і відповідність нормальному закону розподілу за критерієм узгодженості – χ^2 (“хі квадрат”) К. Пірсона.

Як об’єкт прогнозування запропоновано використовувати часовий ряд, що описує динаміку кількості перевезених пасажирів відповідно до кроку прогнозування. Згідно з технічним виконанням короткострокового прогнозу була прийнята структура математичної моделі, що має чотири входи x_i , $i = \overline{1,4}$ на які подаються попередні значення часового ряду в момент часу t , $t-1$, $t-5$, $t-6$ відповідно, та два виходи y_1, y_2 , які подають задачу визначення значення ряду в момент $t+1$ та $t+2$. На основі

запропонованих нейро-нечітких мереж прогнозування, що навчені на вибірці даних окремого типу дня тижня та сезону року, формується комплексна модель прогнозування добового пасажиропотоку з перспективою на п'ять діб.

З метою дослідження роботи моделі прогнозування на короткострокову перспективу за допомогою динаміки

розподілу кількості перевезених пасажирів за днями тижня, отриманої за даними відомостей населеності пасажирських поїздів на напрямку Харків – Феодосія за червень 2011 року, був проведений короткостроковий прогноз пасажиропотоку на 22.06 – 26.06.2011 р., який наведено на рис. 2.

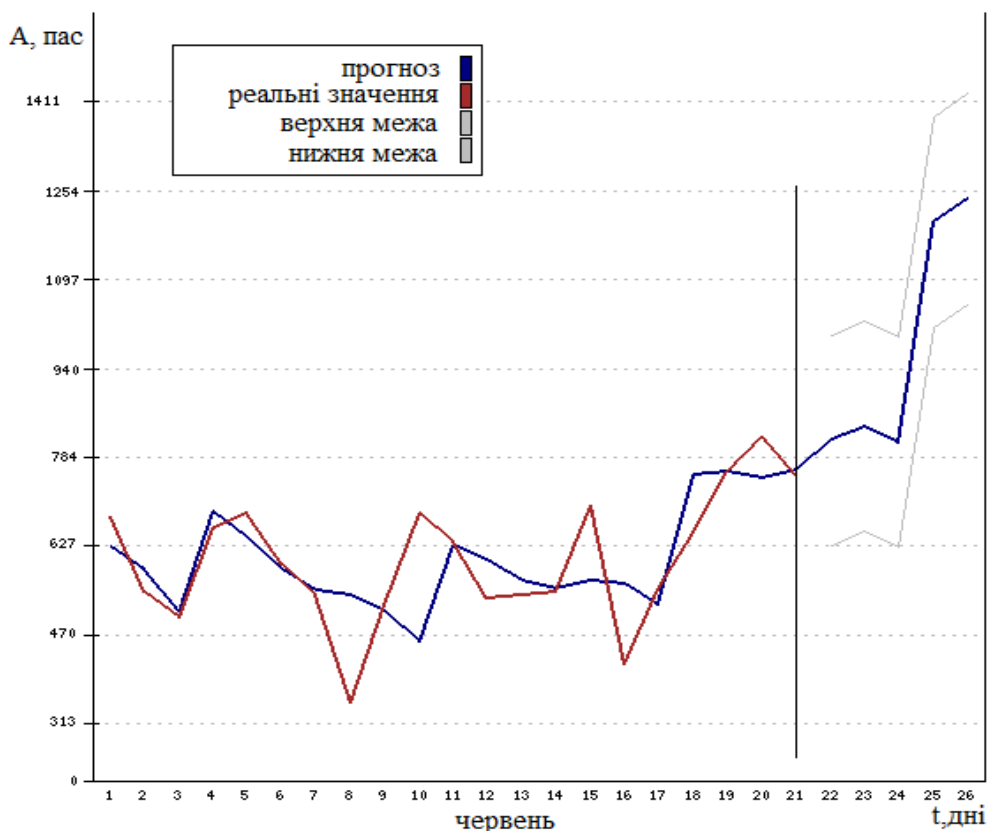


Рис. 2. Прогноз пасажиропотоку на напрямку Харків–Феодосія на період 22.06 – 26.06.2011 року

Висновки та перспективи подальших досліджень. У перспективі на підставі застосування запропонованої моделі прогнозування пасажиропотоків на короткостроковий період можна створити систему підтримки прийняття рішень оперативних працівників пасажирських служб (Л) в межах функціонування АСК ПП УЗ. У результаті це дозволить на тактичному рівні управління пасажирськими перевезеннями виконувати

регулювання композицій пасажирських составів відповідно до потреб на перевезення та оперативно отримувати варіанти відповідних рішень, що забезпечить пасажирському комплексу можливість до адаптації в ринкових умовах і дозволить значно скоротити витрати на здійснення пасажирських перевезень, знизити собівартість останніх та підвищити їх ефективність та конкурентоспроможність.

Список літератури

1. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1390 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 р. №1106) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uz.gov.ua>.
2. Бутько, Т.В. Прогнозування пасажиропотоків в умовах впровадження денних швидкісних поїздів [Текст] / Т.В. Бутько, А.В. Прохорченко, Г.О. Голікова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 59. – С. 72-77.
3. Лукашин, Ю.Л. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования [Текст] / Ю.Л. Лукашин. – М.: Статистика, 1979. – 255 с.
4. Nauck D. Designing neuro-fuzzy systems through backpropagation / Detlef Nauck, Rudolf Kruse. // In Witold Pedrycz, editor, Fuzzy Modelling: Paradigms and Practice, Kluwer, Boston, 1996. – P. 203-228.

Ключові слова: прогнозування пасажиропотоків, математична модель, часові ряди, нейро-нечітка мережа.

Анотації

Робота присвячена розв'язанню актуальної задачі удосконалення системи прогнозування пасажиропотоків в умовах планування пасажирських перевезень. Запропоновано комплексну модель прогнозування добового пасажиропотоку з перспективою на п'ять діб на основі нейро-нечітких мереж типу NEFPROX.

Робота посвящена решению актуальной задачи совершенствования системы прогнозирования пассажиропотоков в условиях планирования пассажирских перевозок. Предложена комплексная модель прогнозирования суточного пассажиропотока с перспективой на пять суток на основе нейро-нечетких сетей типа NEFPROX.

The work is dedicated to solving the actual problem improving forecasting passenger traffic in terms of passenger traffic planning. A comprehensive model of forecasting daily passenger traffic with the prospect of five days based on neuro-fuzzy networks such NEFPROX.