

УДК 656.22

БУТЬКО Т. В., д.т.н., професорка, завідувачка кафедри «Управління експлуатаційною роботою»,
ХАРЛАНОВА С. В., аспірантка,
КОВАЛЕНКО М. В., магістрант
(Український державний університет залізничного транспорту)

Формалізація процедури розподілу пропускної спроможності залізничної мережі в умовах недискримінаційного доступу до інфраструктури

Дану статтю присвячено удосконаленню методів розрахунку та формуванню процедури розподілу пропускної спроможності залізничної транспортної мережі в умовах недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури України. Це, в свою чергу, потребує формування системи пріоритетів, щодо надання нитки графіку руху поїздів (ГРП) перевізником в умовах конкурентного середовища. Зазначені підходи дозволять підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту на ринку перевезень з урахуванням специфіки функціонування залізничного транспорту в динамічному середовищі, що характеризується коливаннями пасажиро- і вантажо потоків та врахувати стохастичний характер випадкових відмов залізничної інфраструктури.

Ключові слова: пропускна спроможність залізничних напрямків, недискримінаційний доступ до залізничної інфраструктури, динамічні та стохастичні умови функціонування АТ «Укрзалізниця», міжнародні транспортні коридори (МТК).

Вступ

В умовах монопольного середовища на ринку залізничних транспортних перевезень спостерігається стійка тенденція падіння обсягів вантажних перевезень. Аналіз техніко-експлуатаційних показників роботи АТ «Укрзалізниця» доводить суттєве збільшення непродуктивних часів простоїв вагоно- та вантажопотоків. Основним чинником таких тенденцій є нестача локомотивів для перевізної роботи. Проведене дослідження обсягів вантажоперевезень довело, що протягом останніх 10 років спостерігається стійка тенденція зменшення обсягів перевезених вантажів залізничним транспортом у середньому на 15 %, в свою чергу автомобільний транспорт демонструє збільшення обсягів перевезень більш ніж на 20 % за той самий період. Впровадження приватної локомотивної тяги дозволить покращити показники перевезень на залізничному транспорті та зменшити у часі непродуктивні простой. Реалізація цього проекту безпосередньо пов'язана з процедурою розподілу пропускної спроможності залізничної транспортної мережі.

Мета

Формалізація процедури розподілу пропускної спроможності відповідно до пріоритетів при наданні ниток графіку руху поїздів з урахуванням специфіки функціонування транспортної мережі в умовах України.

Аналіз попередніх досліджень

Для визначення доцільності запропонованої тематики досліджень проведено аналіз закордонних та вітчизняних досліджень з даного напрямку. У статті [1] автором запропоновано інструмент планування руху поїздів, що допоможе власникам залізниці повністю використовувати свою інфраструктуру для підвищення ефективності використання пропускної спроможності. Проаналізовано вплив таких параметрів, як частота відправлення поїздів, час затримки поїздів, пріоритети під час погодження пересічень та інші показники для порівняння та знаходження граничних значень пропускної спроможності залізничної мережі. У публікації [2] Інституту перспективних технологічних досліджень Європейської комісії було проведено комплексне дослідження оцінки пропускної спроможності залізничної інфраструктури та наведено інструменти впливу на її використання в контексті ЄС. В статті [3] запропоновано процедуру продажу ниток графіку при впровадженні приватної локомотивної тяги та

недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури, а також наведено етапи процесу розподілу її пропускної спроможності. Але в цих статтях не враховуються реальні умови функціонування залізничної транспортної системи АТ «Укрзалізниця» (УЗ), а саме динамічний та стохастичний характер її функціонування, що впливає на розподіл пропускної спроможності.

Виклад основного матеріалу

Для досягнення поставленої мети щодо формалізації процедури розподілу пропускної спроможності відповідно до пріоритетів при наданні ниток графіку, а також з метою врахування динамічності процесу перевезення в цілому, доцільно врахувати вплив таких чинників, як наявність сезонного фактору у вантажних і пасажирських

перевезеннях. З цією метою було проведено статистичне дослідження впливу сезонного фактору на кількість перевезених вантажів та пасажирів.

Перевезення пасажирів залізничним транспортом залежить від сезонного фактору повною мірою. Це підтверджено проведеним аналізом, що подано у вигляді динаміки розподілу кількості перевезених пасажирів за 2021 р. за місяцями, що наведено на рис. 1. Найбільш пікові значення кількості перевезених пасажирів припадають на період літніх відпусток (9,0; 8,6 млн. пас. за місяць) [4], розрахунками доведено, що коефіцієнт нерівномірності склав $k_n = 1,33$. У зв'язку з цим, УЗ призначає додаткові пасажирські поїзди, для задоволення потреб пасажирів. Всі розраховані та наведені параметри підтверджують вплив сезонного фактору і доводять динамічні умови функціонування АТ «Укрзалізниця».

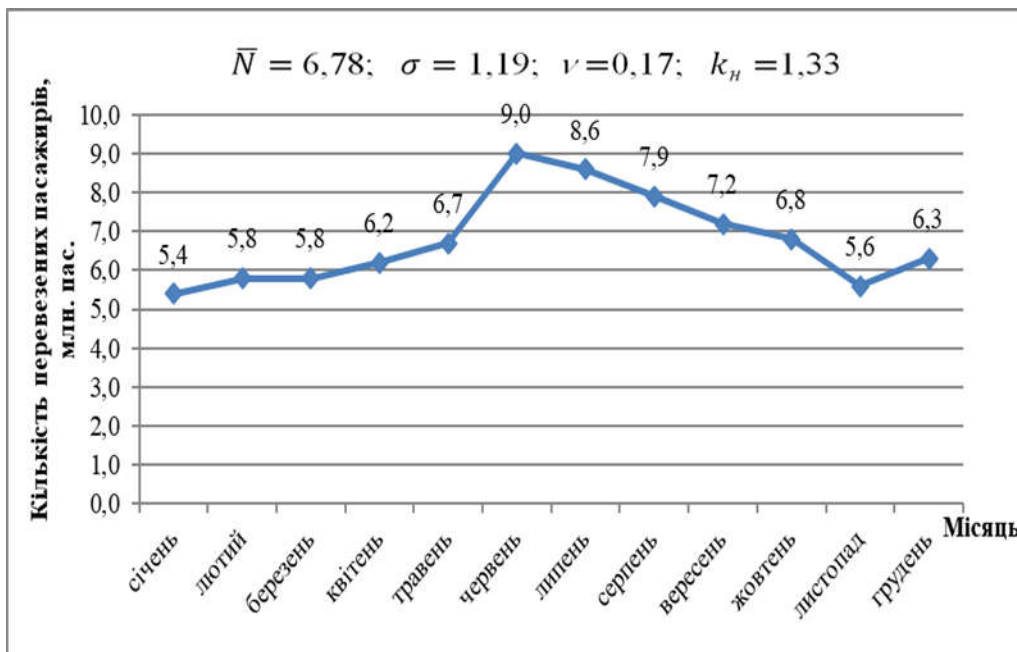


Рис. 1. Динаміка розподілу кількості перевезених пасажирів за 2021 р. за місяцями

Значний вплив сезонного фактору потребує корегування ГРП і прокладання ниток для додатково призначених пасажирських поїздів та оптимізації існуючих маршрутів. Наприклад у 2021 р. УЗ призначило понад 30 додаткових «літніх» маршрутів та у зв'язку з цим оптимізувало розклад близько 10 наявних регулярних рейсів [5]. Всі ці зміни, безпосередньо, впливають на формування ГРП та розподіл пріоритетів у перевезеннях, а також розрахунок резерву пропускної спроможності, що надійде у вільний продаж.

Детальний аналіз вантажних перевезень залізничним транспортом показав, що на обсяг вантажопотоку також значною мірою впливає

сезонний фактор [6]. Динаміку розподілу кількості перевезених вантажів за родами та місяцями за 2021 р. наведено на рис. 2, а показники динаміки зміни обсягів перевезення вантажів залежно від впливу сезонного фактору наведено у табл. 1. На основі аналізу обсягів перевезення зернових вантажів доведено, що їх збільшення припадає на серпень-грудень, що пов'язано зі збором урожаю, перевезенням до сховищ та продажем на експорт (перевезення у порти). При цьому коефіцієнт нерівномірності найвищий серед наведених вантажів і дорівнює $k_n = 1,45$, що свідчить про значний вплив сезонного фактору. Будівельні матеріали демонструють стає збільшення обсягів

перевезення у весняно-осінній період. Коефіцієнт нерівномірності дорівнює $k_n = 1,21$, що свідчить про істотний вплив сезонного фактору на обсяги перевезень цих вантажів, що обумовлено багатьма факторами. Наведений аналіз обсягів перевезення кам'яного вугілля свідчить про значну стабільність, проте є спади кількості перевезених вантажів, що пов'язано з відсутністю опалювального сезону, а

також технічними та підготовчими роботами на теплоелектростанціях. Коефіцієнт нерівномірності найнижчий серед наведених прикладів вантажів і складає $k_n = 1,10$. Тож можна зробити висновок, що серед номенклатури вантажів є такі, що будуть суттєво змінювати ГРП, але є й такі, що мають незначні коливання, проте також можуть впливати на резерви пропускної спроможності.

Таблиця 1

Показники для розрахунку впливу сезонного фактору на об'єми перевезення вантажів

Показник	Зерно	Будівельні матеріали	Кам'яне вугілля
Середнє значення, N, млн т	2,80	5,48	4,20
Середньоквадратичне відхилення, σ , млн т	1,00	1,45	0,22
Коефіцієнт варіації, v	0,36	0,26	0,05
Коефіцієнт нерівномірності, k_n	1,46	1,21	1,10

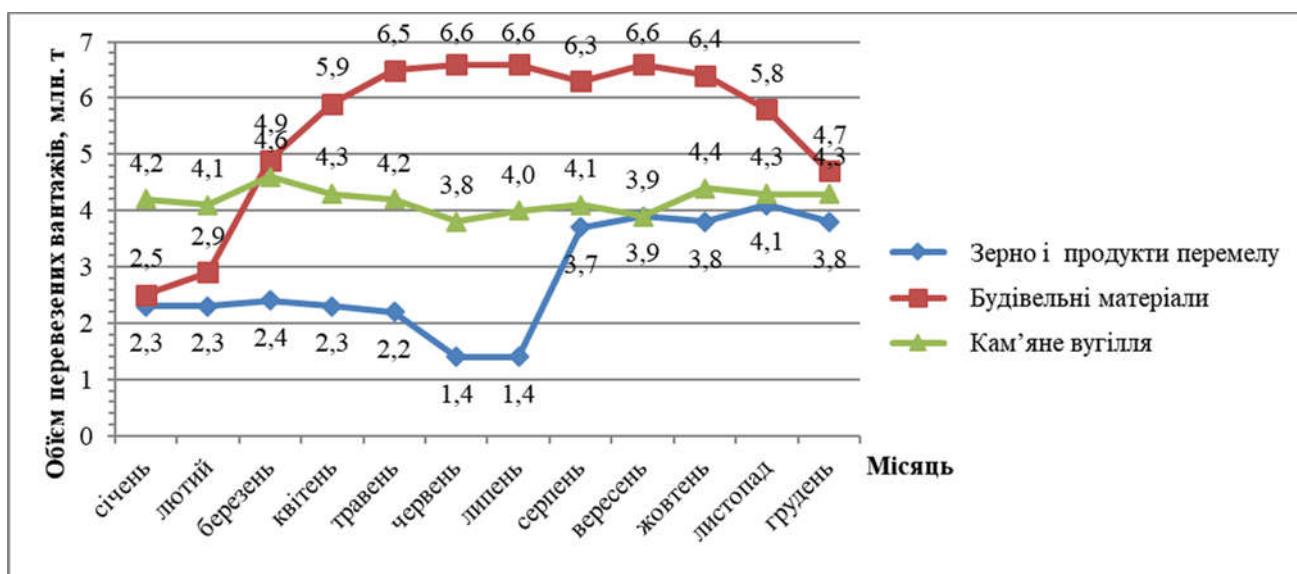


Рис. 2. Динаміка розподілу кількості перевезених вантажів за родами та місяцями 2021 р.

Всі ці аспекти мають бути враховані при впровадженні приватної локомотивної тяги та недискримінаційному доступі до залізничної інфраструктури, оскільки від коректного розподілу всієї наявної пропускної спроможності буде залежати оптимальне функціонування залізничної транспортної мережі.

Особливу увагу слід приділити міжнародним транспортним коридорам (МТК), що відіграють ключову роль в економіці держави та впливають на загальну завантаженість залізничної транспортної мережі. Міжнародний транспортний коридор – високотехнологічна транспортна система, що концентрує на генеральних напрямках наземний

транспорт загального користування (залізничний, автомобільний, річковий) та телекомунікації. МТК найефективніше функціонує за умов преференційного режиму, включаючи єдиний митний чи економічний простір.

Найбільшого розвитку отримали Пан'європейські транспортні коридори. Було визначено десять Пан'європейських транспортних коридорів, які знаходились за межами ТЕН-Т п'ятнадцяти країн-членів Європейського Союзу, але були пов'язані з ними. Чотири з цих десяти коридорів проходять територією України (III, V, VII та IX коридори) [7, 8], але лише три (III, V та IX) включають в себе перевезення залізничним транспортом.

МТК № 3: його маршрут по Україні залізничним транспортом (694 км) проходить від державного кордону з Польщею до Києва, через Львів, Тернопіль, Хмельницький, Жмеринку, Фастів. Залізничний маршрут цього транспортного коридору повністю електрифікований, двоколіїний і обладнаний пристроями автоблокування (648 км). Існуюча залізнична інфраструктура коридору за більшістю показників відповідає загальноєвропейським вимогам. В 2003 р. на станції Мостиська II Львівської залізниці введено в дію колісперевідний пристрій для автоматичної зміни колісних пар системи SUW2000 для переходу з національної колії 1520 мм на європейську 1435 мм.

МТК № 5: маршрут залізничним транспортом (266 км): державний кордон з Угорщиною, Словаччиною – Чоп – Львів. Існуюча інфраструктура транспортного коридору є повністю електрифікована, двоколіїна і обладнана пристроями автоблокування, за більшістю показників відповідає загальноєвропейським вимогам.

МТК № 9: маршрут залізничним транспортом (14965 км): державний кордон з Білоруссю – Чернігів – Київ – Козятин – Жмеринка – Роздільна – Кучурган – державний кордон з Молдовою. Відгалуження 9а (152,4 км): Роздільна – Одеса – Ізмаїл, з перспективною лінією Ізмаїл – Рені, далі на Румунію (залізничним транспортом); відгалуження 9б (242,4 км): залізничним транспортом: Ніжин – Конотоп – Хутір Михайлівський – державний кордон з Росією. Існуюча інфраструктура транспортного коридору повністю електрифікована, двоколіїна і обладнана пристроями автоблокування, за більшістю показників відповідає загальноєвропейським вимогам [9].

Необхідною складовою в процесі розподілу пропускної спроможності є розподіл пріоритетів при наданні ниток ГРП у продаж.

Враховуючи наявну завантаженість залізничної транспортної мережі та специфіки перевезень доцільно запропонувати таку черговість надання пріоритетів

при розподілі пропускної спроможності у порядку зменшення їх значущості у ГРП:

I – пасажирські поїзди;

II – приміські поїзди;

III – вантажні поїзди, що прямують територією України міжнародними транспортними коридорами (МТК);

IV – перевізники, що мають укладені договори на перевезення на рік (включно з рамковими угодами, що укладені на термін 5 років);

V – так звані «випадкові перевезення», тобто заявки подані вантажоперевізниками на короткостроковий термін.

Нижче наведені характеристики кожного пріоритету.

Перший пріоритет надається пасажирським поїздам, до складу яких входять: пришвидшені поїзди (Hyundai Rotem, Skoda, «Тарпан»); фірмові; нічні швидкісні та додаткові поїзди, що призначаються на сезонний період (влітку або взимку на період новорічних свят).

Другий пріоритет – це приміські поїзди, які займають важливу соціально-економічну частину в забезпеченні великих міст.

Третій пріоритет – вантажні поїзди, що прослідують територією України міжнародними транспортними коридорами, задля забезпечення проходження шляху з найменшими простоями.

Четвертий пріоритет надається великим вантажоперевізникам, що мають сталий графік руху та стабільні обсяги вантажів для перевезення. Зазвичай такі перевізники працюють у тісному зв'язку між підприємствами, що видобувають сировину та задіяні в процесі переробки та виготовлення кінцевого продукту. Таким великим перевізникам вигідніше укласти «рамкові угоди», які закріплюють за ними певні нитки ГРП і забезпечують свого роду контактний графік в рамках загального процесу виробництва.

П'ятий пріоритет формується з тих ниток, що не були задіяні у попередніх пріоритетах тобто з резерву пропускної спроможності. Тож можна зробити висновок, що саме ця частина і буде віддана власником інфраструктури для продажу у вільний доступ. Пріоритет буде надаватись малим перевізникам для створення конкурентного середовища на ринку вантажних перевезень.

На основі попередньо викладених та проаналізованих умов функціонування залізничної транспортної мережі доцільно зробити припущення, що існуючі методи розрахунку пропускної спроможності залізничної лінії [10] не повною мірою відбивають реальні умови функціонування залізничного транспорту. Як відомо, традиційні методи забезпечують розрахунки пропускної спроможності для детермінованої системи, тобто без

урахування динамічності і стохастичності функціонування залізничної транспортної мережі, особливо в умовах воєнного стану. традиційна формула для розрахунку добової пропускної спроможності залізничної лінії має вигляд:

$$N = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot \alpha}{T_{\text{ГРП}}}, \quad (1)$$

де 1440 – добовий бюджет часу у хвилинах;

$t_{\text{тех}}$ – довжина технологічного вікна, що надається для технічного огляду (ТО) або поточного ремонту (ПР) залізничної колії, або контактної мережі (хвилини);

$\alpha=0,97$ – імовірність безвідмовної роботи засобів сигналізації та зв'язку;

$T_{\text{ГРП}}$ – період графіку руху поїздів (хвилини).

Спираючись на те, що вираз (1) призначений для розрахунку саме добової пропускної спроможності залізничної лінії, а параметр $t_{\text{тех}}$ залежить від величини вантажонапруженості, то цей параметр доцільно подати у вигляді:

$$t_{\text{ртех}} = H(B) \cdot t_{\text{тех}}, \quad (2)$$

$$N_p = \left[1440 - H(B) \cdot t_{\text{тех}} - (1 - e^{-\lambda_{\text{кол}} t}) \int_0^{1440} t \cdot e^{-\lambda_{\text{кол}} t} dt - (1 - e^{-\lambda_{\text{кон}} t}) \int_0^{1440} t \cdot e^{-\lambda_{\text{кон}} t} dt \right] : \alpha / T_{\text{ГРП}}. \quad (5)$$

де $\lambda_{\text{кол}}$ – інтенсивність раптової відмови залізничної колії;

$\lambda_{\text{кон}}$ – інтенсивність раптової відмови контактної мережі.

Враховуючи вищенаведену систему пріоритетів при наданні ниток ГРП різним категоріям поїздів, реальну пропускну спроможність залізничної лінії доцільно подати у вигляді адитивної функції:

$$N_p = N_{\text{пас}}(t) + N_{\text{прим}} + N_{\text{МТК}} + N_{\text{річні}} + N_{\text{рез}}(t), \quad (6)$$

де $N_{\text{пас}}(t)$ – кількість ниток ГРП, відведених для пасажирських поїздів на момент часу t (доб);

$N_{\text{прим}}$ – кількість ниток ГРП, відведених для приміських поїздів;

$N_{\text{МТК}}$ – кількість ниток ГРП відведених для поїздів, що прямують по МТК;

$N_{\text{річні}}$ – кількість ниток ГРП, відведених для поїздів, що мають укладені договори на перевезення терміном на один рік;

$N_{\text{рез}}(t)$ – кількість ниток ГРП, що залишились в резерві та будуть виставлені у вільний продаж на момент часу t (доб).

де $H(B)$ – функція Хевісайда, тобто

$$H(B) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } B \in [B_i; B_j], \\ 0, \text{ якщо - ні} \end{cases}, \quad (3)$$

де B_i та B_j – відповідно початкова та кінцева величини інтервалу, в межах якого мають бути виконані заплановані технічні огляди та поточні ремонти залізничної колії або контактної мережі.

Для врахування стохастичного аспекту функціонування залізничної системи було проведено оцінку надійності залізничної транспортної мережі та її інфраструктури. Як відомо оцінка надійності функціонування будь-якої технічної системи враховує відмови інфраструктури залізничної транспортної мережі. Для раптових відмов, імовірність її виникнення

$$q(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (4)$$

де λ – інтенсивність відмов, а $t \in [0-1440]$.

Спираючись на вищенаведене, реальне значення пропускної спроможності залізничної лінії N_p доцільно розраховувати за виразом:

Динамічний аспект функціонування залізничної транспортної мережі доцільно враховувати на основі проведеного вище аналізу динаміки поїздопотоків, що відбиває вплив сезонного фактору. З урахуванням цього кількість пасажирських поїздів $N_{\text{пас}}(t)$ доцільно подати у часі як результат прогнозування динамічної моделі, побудованої з використанням апарату нейронних мереж.

Виходячи з цього, представляється можливим побудувати прогнозну модель планування кількості перевезених пасажирів у вигляді системи на базі нечітких правил, тобто системи нечіткого виводу FIS (Fuzzy Inference System).

Вихід моделі буде надавати прогнозне значення кількості ниток ГРП, що потрібно виділити для різної категорії поїздів. Входами моделі доцільно обрати фактори, які мають найбільший вплив на результат прогнозу. Такими факторами в рамках даних часового ряду, як зазначалося раніше, є кількість перевезених пасажирів або вантажів за добу яка є попередньою від доби, на яку здійснюється прогноз, і кількість перевезених пасажирів або вантажів за дві доби до дати прогнозу. Ще одним фактором є лінія тренду, тобто середньодобова кількість за період, що передує даті прогнозу. Його пропонується подати у вигляді

середини області допустимих значень вхідних величин.

Основним елементом моделі нечіткого виводу є система правил. При невеликій кількості змінних такі правила може створити наприклад, людина-експерт. Але така система буде неточною і не адаптивною відносно даних. До того ж для більш тонкого налаштування у системах нечіткого виводу передбачено співставлення кожному правилу його ваги у межах [0,1]. Ці ваги також важко визначити експертним шляхом, як і самі правила.

Тому пропонується створити систему правил методами видобування знань із даних за допомогою ЕОМ. Такі автоматизовані методи видобування знань останнім часом набувають популярності у різних галузях промисловості розвинених країн для вирішення різноманітних технічних завдань, важливу роль вони починають відігравати і в галузі медицини. Напряму наукових досліджень, який орієнтовано на розробку таких методів носить назву «data mining» і відноситься до галузі штучного інтелекту. Основним

математичним апаратом, який використовується в data mining є нейронні мережі.

Тому пропонується використати як модель нечіткого виводу адаптивну модель нечіткого виводу з налаштуванням за допомогою нейронної мережі типу ANFIS, яка базується на моделі нечіткого виводу типу Sugeno (рис. 4, 5). Для побудови такої моделі використано середовище Matlab.

Для автоматизованої побудови системи правил доцільно використати дані часового ряду про наявну пропускну спроможність та кількість ниток ГПП, що закріплені за підприємствами-клієнтами та АТ «Укрзалізниця». Максимальну кількість правил r , які можуть бути включені у систему можна обчислити за формулою:

$$r = \prod_{i=1}^n k(i), \tag{7}$$

Де n – кількість вхідних змінних моделі;
 $k(i)$ – кількість термів i -ї змінної.

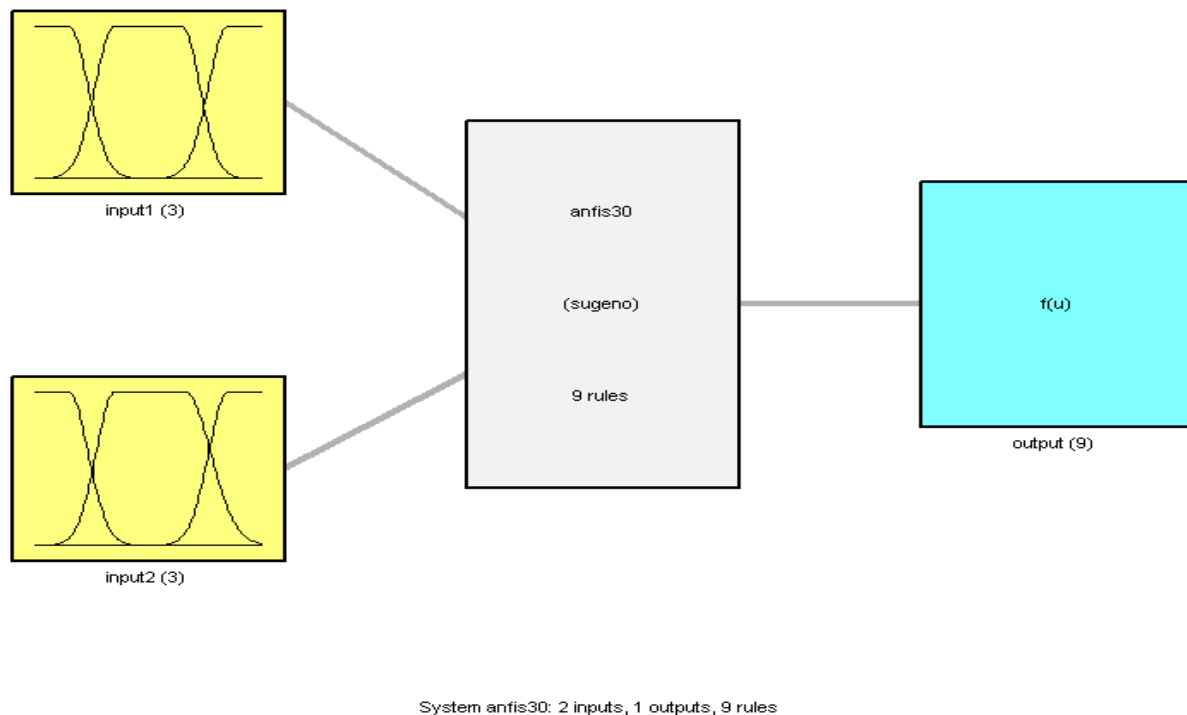


Рис. 4. Структура побудованої ANFIS системи

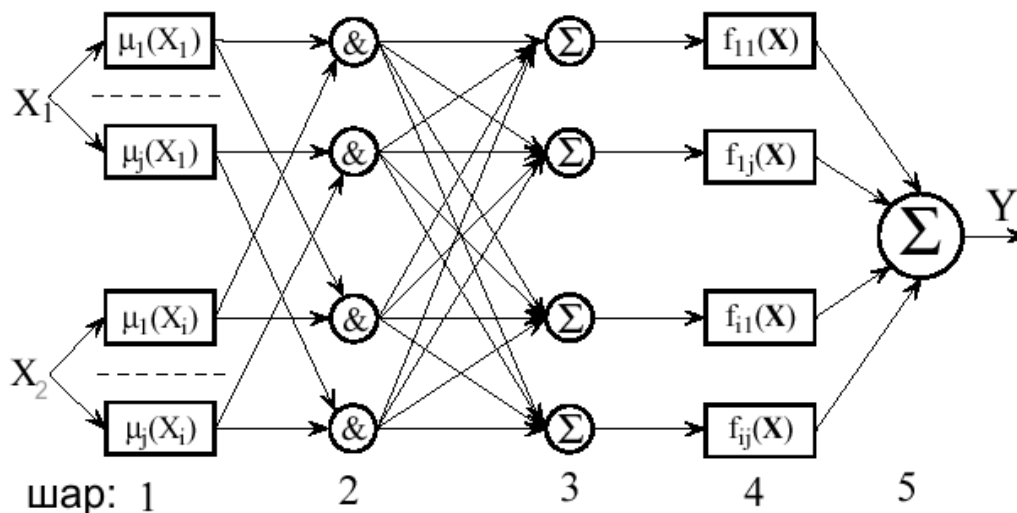


Рис. 5. Архітектура нейро-нечіткої ANFIS системи

Таким чином, враховуючи запропоновану систему пріоритетів, величина $N_{рез}(t)$, що надається у вільний продаж на транспортному ринку, буде змінюватись з урахуванням динамічного та стохастичного характеру функціонування залізничної транспортної системи залежно від часу t . Дане значення буде визначатись на основі моделі прогнозування і відображатиме кількісне значення ниток графіку, що відійде у вільний продаж на даний момент час. Всі ці розрахунки дозволять забезпечити конкурентне середовище і прозорість для компаній перевізників.

Висновки

На основі проведених досліджень було формалізовано процедуру надання ниток ГРП з урахуванням динамічності та стохастичності функціонування залізничної транспортної мережі та враховані пріоритети при продажі ниток ГРП в умовах недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури. Такий підхід забезпечує створення конкурентного ринку залізничних перевезень та пришвидшує інтеграцію всієї залізничної транспортної мережі до вимог європейського ринку перевезень та відповідності стандартам для подальшої взаємодії.

Список використаних джерел

1. Anderson P. Vieira, Luciano M. Christofoletti, Plinio Vilela. Analyzing Railway Capacity Using a Planning Tool. *Conference: 2018 Joint Rail Conference*. URL: https://www.researchgate.net/publication/325776602_Analyzing_Railway_Capacity_Using_a_Planning_Tool (дата звернення: 10.02.2022р.)
2. Rotoli, F., Navajas Cawood, E., Soria, A.; Capacity assessment of railway infrastructure: Tools, methodologies and policy relevance in the EU context;

EUR 27835 EN; doi:10.2791/037759. URL: https://www.researchgate.net/publication/296443679_Capacity_assessment_of_railway_infrastructure_Tools_methodologies_and_policy_relevance_in_the_EU_context (дата звернення: 15.02.2022 р.)

3. Андрій Прохорченко. Продаж нитки графіку. Як це відбувається. *Центр транспортних стратегій*. Режим доступу: https://cfts.org.ua/blogs/prodazh_nitki_grafiku_yak_tse_vidbuvaetsya_480. (дата звернення: 10.02.2022 р.)
4. Кількість перевезених пасажирів за видами транспорту 2021 рік. *Держстат України*. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/tr/kpp/arh_kpp_u.htm (дата звернення: 17.02.2022 р.)
5. Укрзалізниця запустить близько 30 нових літніх маршрутів у 2021 році. URL: <https://ua.interfax.com.ua/news/economic/730862.html>. (дата звернення: 17.02.2022 р.)
6. Перевезення вантажів залізничним транспортом. Архів за 2021 р. *Держстат України*. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/tr/pv_zal/arh_pv_zal2021_u.html (дата звернення: 17.02.2022 р.)
7. Pan-European corridors. *Wikipedia, the free encyclopedia* URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pan-European_corridors (дата звернення: 21.02.2022 р.)
8. Притула Х. М., Калат Я. Я., Кирик І. М. Зони впливу міжнародних транспортних коридорів як новий об'єкт державної регіональної політики України на період до 2027 року. *Ефективна економіка*. 2020. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8334> (дата звернення: 21.02.2022 р.). DOI: 10.32702/2307-2105-2020.11.12
9. Міжнародні транспортні коридори. Навчальні матеріали онлайн. URL:

https://pidru4niki.com/87992/ekonomika/mizhnarodni_transportni_koridori. (дата звернення: 21.02.2022 р.)

10. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України: затв. наказом Укрзалізниця від 14 березня 2001 р. № 143/Ц (ЦД-0036)

Butko T., Kharlanova S., Kovalenko M. Formalization of the procedure for distributing the capacity of the railway network in terms of non-discriminatory access to infrastructure.

Abstract. This article is devoted to improving the methods of calculation and formation of the procedure for distributing the capacity of the railway transport network in terms of non-discriminatory access to the railway infrastructure of Ukraine, taking into account the dynamic and stochastic nature of its operation. In order to assess the dynamics of the railway transport network in the framework of this article was conducted a statistical study and analysis of passenger and freight flows over the past year. The analysis of the obtained results showed that all types of transportation are influenced by the seasonal factor. The seasonality of traffic falls, as can be seen from the calculations, for the corresponding period of the year, depending on the specifics of traffic. In the conditions of introduction of private locomotive traction the system of priorities at distribution of capacity, including transportations on the international transport corridors (ITC) was defined. Based on this, five main categories of freight and passenger transportation were identified, namely passenger, suburban, ITC transportation, transportation under "framework agreements" and free sale (reserve). Stable categories of transportation (passenger, international and freight, which have a fixed schedule) have priority in descending order when compiling the train schedule. In order to reflect the stochastic aspect, the influence of the reliability of the infrastructure in the distribution of the capacity of the main railway line was taken into account. In order to assess the impact of the dynamic factor, the ANFIS fuzzy forecasting model was proposed to determine at time t the number of passenger trains and the capacity reserve. These approaches will increase the competitiveness of rail transport in the transport market in terms of non-discriminatory access to railway infrastructure, taking into account the specifics of rail transport in a dynamic environment characterized by fluctuations in passenger and freight flows and take into account the stochastic nature of random failures.

Key words: capacity of the main railway line, non-discriminatory access to railway infrastructure, dynamic and stochastic conditions of operation of JSC Ukrzaliznytsia, international transport corridors (ITC).

Butko Tetiana, Dr. Sc., professor, chief of department of Management of operational work, Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: butko@kart.edu.ua ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1082-599X>

Kharlanova Svitlana, post graduate, department of Management of operational work, Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: kharlanova.svetlana18@gmail.com ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5489-9400>.

Kovalenko Maksim, undergraduate, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: kovalenko7151@gmail.com

Бутько Тетяна Василівна, д.т.н., професорка, завідувачка кафедри, кафедра управління експлуатаційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. E-mail: butko@kart.edu.ua ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1082-599X>

Харланова Світлана Володимирівна, аспірантка, кафедра управління експлуатаційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. E-mail: kharlanova.svetlana18@gmail.com ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5489-9400>.

Коваленко Максим Васильович, магістрант, Український державний університет залізничного транспорту. E-mail : kovalenko7151@gmail.com

Надійшла 30.03.2022 р.