

## ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ

УДК 656.073.7

DOI: 10.30977/АТ.2219-8342.2019.44.0.54

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ТРАНЗИТНИМИ  
ВАНТАЖОПОТОКАМИ МІЖНАРОДНОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРУ  
«ПІВДЕНЬ–ЗАХІД»Нагорний Є. В., Орда О. О., Литвиненко А. Г.,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Проведено аналіз існуючих моделей управління вантажопотоками в рамках міжнародних транспортних коридорів. Побудовано структуру нейронної мережі з прямим поширенням для прогнозування обсягу вантажопотоку по МТК «Південь–Захід». Для вирішення задачі по вибору раціональної транспортно-технологічної схеми доставки вантажів у контейнерах запропоновано інтегрований критерій. Запропоновано математичну модель технології управління транзитними вантажопотоками міжнародного транспортного коридору «Південь–Захід».

*Ключові слова:* контейнер, вантажопотік, технологія управління, нейронна мережа, «перша та остання милі», міжнародний транспортний коридор «Південь–Захід».

## Вступ

Наразі, пріоритетним завданням, що стоїть перед Україною, є розбудова національної мережі міжнародних транспортних коридорів (МТК), які є складовими Критських міжнародних транспортних коридорів, відповідно норм і стандартів Європейського Союзу. Частка транзитних вантажів у загальному обсягу для транспортного комплексу України сьогодні стрімко зменшується [1]. Це відбувається внаслідок відставання у розбудові транспортної інфраструктури та зростання конкуренції щодо надання транспортних послуг і обслуговування основних трансконтинентальних і транснаціональних вантажопотоків, особливо на напрямку «Європа–Азія». Зростаючий попит на транспортні послуги по осі «Схід–Захід» та інтенсивна розбудова транспортно-комунікаційних систем сусідніми країнами – сигнал для України щодо необхідності забезпечення ефективного міжнародного співробітництва з питань інтеграції України до транспортної системи «Європа – Азія» та подолання значної кількості невирішених питань у частині розбудови національної транспортної інфраструктури та підвищення конкурентоспроможності транспортної системи.

## Аналіз публікацій

В сучасних економічних умовах існує підвищений інтерес до теоретичних досліджень питань підвищення ефективності перевезень вантажів міжнародними

транспортними коридорами у контейнерах. У [2] представлено декілька схем доставки вантажів, але не наведено математичного опису моделей. У роботах [3, 4] описані методи підвищення ефективності формування транспортно-технологічної схеми доставки вантажів в умовах змішаних перевезень й методи її оцінки. Враховуючи те, що в наш час створюються нові транспортні коридори, на території яких є великі людські та економічні ресурси, виникла необхідність досліджувати дану проблему з використанням нових науково-методичних підходів [5].

Технологія управління вантажопотоками на МТК в Україні є досить застарілою, майже не застосовується логістика «першої та останньої милі» під час перевезення транзитних вантажів. Автор [6] при формуванні технології управління вантажопотоками багато уваги приділяє питанню планування «першої та останньої милі». На цих етапах частіше всього виникають непродуктивні простой, що впливають на недотримання нормативного терміну доставки вантажу, це, у свою чергу, призводить до збільшення вартості доставки.

Розглянуті в роботах [7–11] інноваційні технології управління підтверджують різноманітність існуючих технологій та систем управління вантажопотоками. Деякі з них фокусуються на управлінні роботою терміналів, оскільки при здійсненні мультимодальних перевезень найбільші ризики виникнення непродуктивних простоїв виникають під час знаходження контейнерів у терміналі.

Більшість підходів базуються на логістичних принципах із застосуванням стохастичного моделювання.

Все це обумовлює актуальність питання та необхідність розробки математичної моделі технології управління вантажопотоками МТК із застосуванням інноваційних підходів та технологій управління з урахуванням принципів логістики «першої та останньої милі».

#### Мета і постановка задачі

Метою є розробка математичної моделі технології управління вантажопотоками МТК «Південь – Захід», основаної на ефекті планування «першої та останньої милі».

Для досягнення поставленої мети необхідно розробити модель прогнозування обсягів вантажних перевезень та математичну модель вибору раціональної транспортно-технологічної схеми доставки вантажів у контейнерах по МТК «Південь–Захід».

#### Виклад основного матеріалу

Система контейнерних транзитних перевезень в Україні об'єднує в собі використання всіх видів транспорту, які відповідають внутрішнім та зовнішнім транспортно-економічним зв'язкам країни, та потребує істотного вдосконалення. Внаслідок цього першочерговим завданням є формування механізму управління контейнерними вантажопотоками. Використання системи управління дозволяє підвищити рівень якості надання транспортного обслуговування, тим самим збільшити рівень конкурентоспроможності українських транспортних підприємств на міжнародному ринку.

Механізм управління вантажопотоками базується на ефективному транспортному обслуговуванні, узгодженості всіх учасників перевізного процесу, особливо при перевалці вантажу з одного виду транспорту на інший в портових терміналах (важливість цього завдання залежить від того, що виникають величезні витрати через накопичення у припортових складах вантажів, що очікують на підхід судна і навантаження) та при прикордонних переходах.

#### Модель прогнозування обсягів перевезень вантажів у контейнерах по МТК «Південь–Захід»

Процес формування будь-якої технології управління вантажопотоками починається з прогнозування обсягів вантажних пере-

вень, оскільки на раціональне планування роботи великий вплив мають прогностичні значення обсягів перевезень.

Найбільш адекватним апаратом для прогнозування вантажопотоків є спеціальні штучні нейронні мережі, оскільки вони мають здатність встановлювати нелінійні залежності між майбутніми та фактичними значеннями процесів.

Для прогнозування обсягів вантажопотоку пропонується використовувати мережі прямого поширення, а саме багатошаровий перцептрон Румельхарта з прямим поширенням [6].

Перцептрон будується для нелінійного нейрона. Кожен нейрон  $j$  будь-якого шару  $l$  взаємодіє зі всіма нейронами попереднього шару. Сумуючий блок обчислює лінійну комбінацію вхідних сигналів, що надходять на синапси  $\omega_{lji}$ . Отримана в сумуючому блоці сума  $S_{lj}$  передається до функції активації, що пов'язана з нейроном  $j$ . Функція активації  $y_{lj}$  описує нелінійний взаємозв'язок між вхідними та вихідними сигналами нейрона [12].

Структуру нейронної мережі представлено на рис. 1.

Згідно структури мережі вхідний сигнал суматора має наступний вигляд:

$$S_{0,j} = \sum_{i=1}^{m_{0,j}} x_{0,j} \cdot \omega_{0,ji} + \omega_0, \quad (1)$$

де  $x_{0,j}$  – значення вхідного сигналу;  $\omega_{0,ji}$  – синаптична вага нейронів вхідного шару.

Суматор нейронів на другому шарі розраховується за наступною формулою:

$$S_{1,j} = \sum_{i=1}^{m_{1,j}} y_{1,i} \cdot \omega_{1,ji}, \quad (2)$$

де  $y_{1,i}$  – функція активації нейронів першого шару;  $\omega_{1,ji}$  – синаптична вага нейронів першого шару.

Суматор на вихідному шарі розраховується за формулою:

$$S_{2,j} = \sum_{i=1}^{m_{2,j}} y_{2,i} \cdot \omega_{2,ji}, \quad (3)$$

де  $y_{2,i}$  – функція активації нейронів другого шару;  $\omega_{2,ji}$  – синаптична вага нейронів другого шару.

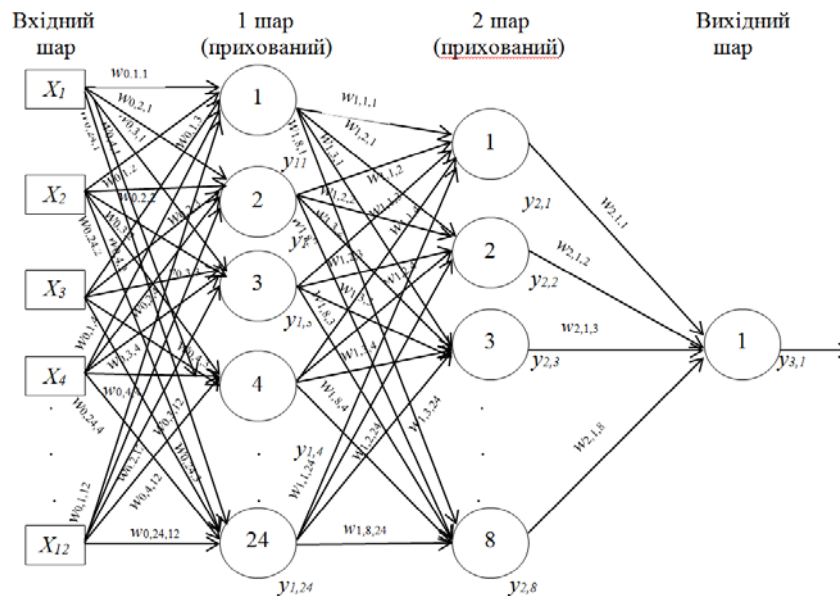


Рис. 1. Структура нейронної мережі для прогнозування обсягу вантажопотоку по МТК «Південь–Захід»

Функція на прихованих шарах є логістичною, а на вихідному використовується гіперболічний тангенс. Перевірити адекватність нейронної мережі для прогнозування обсягів вантажопотоку по МТК «Південь–Захід» можна за допомогою коефіцієнта розбіжності прогнозу Г. Тейла [13]. Для характеристик відносної точності прогнозу і оцінки якості та надійності нейронної мережі пропонується використовувати значення МАРЕ.

Вказаний спосіб прогнозування має високі властивості адаптації до змінних вхідних даних за рахунок самонавчання. За прогнозними значеннями обсягів надалі передбачається визначення необхідної кількості контейнерів та рухомого складу для підвозу/вивозу до/з терміналів (портів та станцій), відповідно, відправлення та призначення, з урахуванням завантаженості цих напрямів. Прийняття обґрунтованих управлінських рішень оператором при управлінні вантажопотоками МТК з урахуванням «першої та останньої милі» дозволить усунути затримки у перевізному процесі на цих етапах, а також визначити імовірність виникнення фінансового ризику.

#### Математична модель вибору раціональної транспортно-технологічної схеми доставки вантажів у контейнерах по МТК «Південь–Захід»

Для формалізації технологічного процесу доставки вантажів у контейнерах по МТК необхідно розглянути його структуру, яка є

багатоелементною та складається з багатьох підпроцесів. Основними складовими транспортного процесу є процеси із транспортування вантажу, навантаження, розвантаження та оформлення супровідної транспортної документації. Тривалість циклу перевезення являє собою суму часу, витраченого на виконання всіх елементів транспортного процесу.

В сучасних умовах процес доставки вантажів із країн Індійського океану та Перської затоки до країн Європи є досить неефективним, оскільки вантажам доводиться проходити великі відстані, а термін доставки триває майже два місяці. На сьогоднішній день вантажі у даному напрямку досить часто перевозяться за маршрутом Індія–Іран–Фінляндія, морським магістральним транспортом, загальний час доставки складає 35–37 днів. Альтернативним варіантом доставки є міжнародний транспортний маршрут «Південь – Захід», перевагою якого є прискорений у три рази термін доставки – до 12 діб. Перевезення по МТК «Південь–Захід» можна віднести до мультимодальних перевезень, оскільки транспортування вантажів у контейнерах від країн Індійського океану та Персидської затоки до Європи планується здійснювати шляхом використання декількох видів транспорту, а саме залізничного та морського, автомобільний транспорт буде використовуватися для підвозу вантажів від вантажовідправників до складу в м. Мумбай та від складу у м. Славкув до кінцевих вантажодержувачів.

Система доставки вантажів у контейнерах по МТК характеризується наявністю:

- вхідних параметрів: партія відправлення ( $q$ , конт.); відстань перевезення вантажу автомобільним транспортом ( $l_{ат}$ , км); вартість вантажу ( $C_{ван}$ , \$); технічна швидкість руху ТЗ на автомобільному транспорті ( $V_{тат}$ , км/год.); ризики, які виникають під час руху ( $n_{ризик}$ , %);

- вихідного параметра – інтегрований показник, який враховує параметри витрат і часу доставки ( $C_i^*$ , \$);

- факторів зовнішнього середовища: коефіцієнт, що враховує ймовірність виникнення невикористаних простоїв під час руху та в пунктах перевалки вантажу ( $p$ ); час навантаження–розвантаження одного контейнера на автомобільному транспорті ( $t_{н/рат.}$ , конт./год.); час навантаження–розвантаження одного контейнера на залізничному транспорті ( $t_{н/ржд.}$ , конт./год.).

Складові системи представлені сукупністю елементів: 1 – доставка вантажів від складу в м. Мумбай до складу в м. Славкув ( $T_{тр}$  – транзитний час, дн.;  $C_T$  – вартість транспортування від місця відправлення до місця призначення, \$); 2 – перевезення вантажів різними видами транспорту ( $T_{pij}$  – час руху на  $i$ -й ділянці транспортно-технологічної схеми з використанням  $j$ -го виду транспорту, дн.;  $T_{рвij}$  – витрати часу на випадкові затримки під час руху, дн.); 3 – простій у пунктах перевалки вантажів ( $T_{ab}$  – витрати часу на виконання операцій з вантажем в  $a$ -му пункті перевалки, дн.;  $T_{ва}$  – витрати часу на можливі простої в  $a$ -му пункті перевалки, дн.); 4 – виконання логістичних операцій при транспортуванні ( $C_{п.о.j}$  – витрати на виконання  $j$ -ї логістичної операції при транспортуванні, \$); 5 – виникнення ризиків під час доставки вантажу ( $C_{ризик}$  – витрати, пов'язані з ризиками, \$); 6 – логістичне адміністрування ( $C_{л.а}$  – витрати на логістичне адміністрування, які включені у ставку на транспортування на різних видах транспорту, \$).

Всі елементи процесу перевезень вантажів у контейнерах знаходяться у тісному взаємозв'язку між собою і відбуваються послідовно. Зв'язки між вхідними параметрами і елементами полягають у наступному: партія відправлення безпосередньо впливає на процес навантаження, розвантаження, а також на процес підготовки вантажу до перевезення; відстань перевезення вантажу та технічна

швидкість руху впливають на процес транспортування. Зв'язки між елементами та вихідними параметрами: процес оформлення документів, процес виконання навантажувально-розвантажувальних робіт (НРР) з вантажем та процес транспортування впливають на значення інтегрованого показника. Зв'язки між елементами та факторами зовнішнього середовища – коефіцієнт, що враховує ймовірність виникнення невикористаних простоїв під час руху та в пунктах перевалки вантажу, впливає на процес транспортування та НРР з вантажем.

В якості цільової функції з вирішення задачі по вибору раціональної транспортно-технологічної схеми доставки вантажів у контейнерах по МТК «Південь–Захід» обрано інтегрований показник  $C_i^*$ , який дозволяє врахувати параметри витрат і часу на доставку:

$$C_i^* = (C_{ван} + C_T) \cdot (1 + \Delta)^n \rightarrow \min, \quad (4)$$

де  $C_i^*$  – оцінка вартості вантажу і його доставки з урахуванням фактора часу по  $i$ -му варіанту, що включає різні види транспорту та витрати на доставку вантажів, \$;  $C_{ван}$  – вартість вантажу, \$;  $C_T$  – вартість транспортування від місця відправлення до місця призначення, \$;  $(1 + \Delta)^n$  – множник нарощення відсотків за відсотковою ставкою за  $n$  періодів;

$$n = \frac{T_{тр}}{365}, \quad (5)$$

де  $T_{тр}$  – транзитний час, дн.

Для досягнення окреслених задач дослідження використовується система обмежень, яка полягає у визначенні верхньої та нижньої меж варіювання запропонованих факторів:

$$\begin{cases} T_{тр} < T_{трмакс}; \\ Q = q; \\ Q < d; \\ 1 \leq l_{ат} \leq 50; \\ 10000 \leq C_{ван} \leq 100000; \\ V_{тат} \leq 80; \\ C_{ризик} \leq 15\% C_{п.о.j}; \\ 1,05 \leq p \leq 1,1; \\ 0,13 \leq t_{н/рат.} \leq 0,2; \\ 0,17 \leq t_{н/ржд.} \leq 0,24. \end{cases} \quad (6)$$

де  $T_{\text{тр}} < T_{\text{трмакс}}$  – дотримання строків поставки за контрактом між постачальником і споживачем;  $Q=q$  – умова повного освоєння вантажопотоку, який надає замовник;  $Q < d$  – відповідність обсягу вантажопотоку переробній спроможності перевалочного комплексу  $d$ .

Транспортні витрати (вартість доставки) є найбільш поширеним критерієм при виборі ефективної ТТСД вантажів з позицій логістичного підходу. Відповідно до принципу загальних логістичних витрат витрати на транспортування являють собою суму витрат на основні операції, ризики та логістичне адміністрування:

$$C_{\text{т}} = \sum_j^G C_{\text{л.о.}j} + C_{\text{ризик}} + C_{\text{л.а.}}, \quad (7)$$

де  $C_{\text{т}}$  – кількість логістичних операцій (перевезення, навантаження–розвантаження, перевалка, експедирування вантажу, тимчасове зберігання, митне оформлення і т.п.), од.;  $C_{\text{л.о.}j}$  – витрати на виконання  $j$ -ї логістичної операції при транспортуванні, \$;  $C_{\text{ризик}}$  – витрати, пов'язані з ризиками, \$;  $C_{\text{л.а.}}$  – витрати на логістичне адміністрування (в тому числі із залученням посередника), які включені у ставку на транспортування на різних видах транспорту, \$.

Ще одним важливим показником, що відображає ефективність ТТСД при транзитних перевезеннях, є транзитний час, який являє собою суму загального часу руху та загального часу простою в пунктах перевалки:

$$T_{\text{тр}} = T_{\text{рзаг}} + T_{\text{пзаг}} = \sum T_{\text{rij}} + \sum T_{\text{рвij}} + \sum T_{\text{аб}} + \sum T_{\text{ва}}, \quad (8)$$

де  $T_{\text{рзаг}}$  – загальний час руху по усьому маршруту, дн.;  $T_{\text{пзаг}}$  – загальний час простою по усьому маршруту, дн.;  $T_{\text{rij}}$  – час руху на  $i$ -й ділянці транспортно-технологічної схеми з використанням  $j$ -го виду транспорту, дн.;  $T_{\text{рвij}}$  – витрати часу на випадкові затримки під час руху, дн.;  $T_{\text{аб}}$  – витрати часу на виконання операцій з вантажем в  $a$ -му пункті перевалки, дн.;  $T_{\text{ва}}$  – витрати часу на можливі простої в  $a$ -му пункті перевалки, дн.

Основними факторами, що впливають на величину транспортних витрат (3) та, у свою чергу, на вартість доставки, є величина вантажної партії  $q$  та час доставки вантажу  $T_{\text{дост}}$ ,

який можна умовно поділити на час транспортування  $t_1$  та час простою контейнерів на «першій милі» та/або «останній милі»  $t_2$ .

Максимальна ефективність управління вантажопотоками на міжнародному транспортному коридорі «Південь–Захід» може бути досягнута при врахуванні вектора керуючих змінних та вектору змінних поточного стану системи:

$$X = \{t_1, t_2\}, \quad (9)$$

де  $X$  – вектор керуючих змінних.

$$Y = \{q\}, \quad (10)$$

де  $Y$  – вектор змінних поточного стану системи.

Терміни «перша миля» та «остання миля» використовуються в управлінні ланцюгами постачання та плануванні роботи транспорту і описують переміщення рухомого складу від пункту зародження вантажопотоку до його погашення у кінцевому пункті. Дана стратегія дозволяє знизити наслідки впливу зовнішніх факторів.

Тому на етапі формування технології управління вантажопотоками в МТК пропонується враховувати виникнення затримок на «першій та останній милі», оскільки вони призводять до фінансових ризиків.

З урахуванням керуючих змінних та поточного стану системи, математична модель технології управління вантажопотоками на міжнародному транспортному коридорі «Південь–Захід», яка враховує можливі затримки на «першій та останній милі» з імовірністю отримання фінансових ризиків, має вигляд:

$$C(q, t_1, t_2) = \left( \frac{l_{\text{ат}}}{V_{\text{т}}} \cdot 2 + C_{\text{пр}} + C_{\text{тр.мт}} + \right. \\ \left. + C_{\text{тр.зт}} \right) \cdot q \cdot k \rightarrow \min \quad (11)$$

де  $C$  – витрати на доставку контейнерів від місця зародження вантажопотоку до його погашення у кінцевому пункті, \$;  $l_{\text{ат}}$  – відстань підвозу вантажів автомобільним транспортом до складу в м. Мумбай, км;  $V_{\text{т}}$  – технічна швидкість руху автомобіля, км/год.;  $C_{\text{пр}}$  – ставка простою одного контейнера у терміналі, \$;  $C_{\text{тр.мт}}$  – ставка на транспортування одного контейнера морським транспортом, \$;  $C_{\text{тр.зт}}$  – ставка на транспортування одного контейнера залізничним транспортом,

§;  $k$  – коефіцієнт, що враховує імовірність отримання фінансових ризиків.

Для оптимізації технології управління вантажопотоками на заданому напрямку необхідно враховувати наступну систему обмежень:

$$\begin{cases} t_1 + t_2 \leq T_{\text{дост}}; \\ q < d; \\ t_{\text{пр}} \leq t_{\text{норм}}; \\ t_{\text{пр}} \leq t_{\text{норм.пр}}; \\ 1,05 \leq k \leq 1,1 \end{cases} \quad (12)$$

де  $t_1 + t_2 \leq T_{\text{дост}}$  – відповідність фактичного терміну доставки строкам поставки за контрактом між постачальником і споживачем;  $q < d$  – відповідність обсягу вантажопотоку переробній спроможності перевалочного комплексу  $d$ ;  $t_{\text{пр}} \leq t_{\text{норм}}$  – час навантаження-розвантаження одного контейнера не повинен перевищувати нормативний час;  $t_{\text{пр}} \leq t_{\text{норм.пр}}$  – час простою контейнерів у терміналі не повинен перевищувати нормативного часу.

Отже, запропонована математична модель є основою для оцінки раціональності технології управління вантажопотоками. Модель основана на ефекті планування «першої та останньої милі», що дозволить враховувати можливі затримки на «першій та останній милі» з імовірністю отримання фінансових ризиків.

### Висновки

На першому етапі формування технології управління запропоновано визначення прогностичних значень обсягів перевезень з метою раціонального планування роботи системи доставки. Для прогнозування обсягів вантажопотоку по МТК «Південь–Захід» пропонується використовувати апарат нейронних мереж, а саме багат шаровий перцептрон Румельхарта з прямим поширенням. Використання запропонованого підходу щодо прогнозування обсягів перевезень вантажів дозволить ефективно планувати роботу системи та усунути затримки у перевізному процесі з урахуванням «першої та останньої милі» при доставці вантажів у контейнерах на МТК «Південь–Захід».

Для вирішення задачі по вибору раціональної ТТСД представлено структуру технологічного процесу доставки вантажів у контейнерах за альтернативним існуючим варіантом з

країн Індійського океану та Перської затоки до країн Європи, а саме, по МТК «Південь – Захід». В якості цільової функції обрано інтегрований показник, який дозволяє врахувати параметри витрат і часу на доставку.

Розроблена математична модель технології управління вантажопотоками на МТК «Південь–Захід» дозволить врахувати можливі затримки на «першій та останній милі» з імовірністю отримання фінансових ризиків. Застосування запропонованого підходу надає можливість забезпечити оператора доставки вантажів у МТК інформаційною підтримкою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо тривалості технологічних операцій на «першій та останній милі». Окрім того, дозволить визначати імовірність виникнення та величину фінансових ризиків, що призводять до збільшення витрат на доставку.

Перспективним напрямом досліджень є розробка автоматизованої технології управління вантажопотоками у МТК «Південь–Захід».

### Література

1. Кисельов В. В. Транзитний потенціал України: проблеми й перспективи. *Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Сер. Економіка*. 2009. №851. С. 26–29.
2. Нагорний Є. В., Ломотько Д. В., Шраменко Н. Ю. Транспортно–експедиторська діяльність: підручник. Харків: ХНАДУ, 2012. 352с.
3. Бондарчук О. О. Методические рекомендации по повышению эффективности формирования транспортных схем доставки грузов в условиях смешанных перевозок: автореф. дис. на получение уч. степени канд. техн. наук : 05.22.19. Санкт-Петербург : ГМА им. адм. С. О. Макарова, 1999. 30 с. URL: <http://tekhnosfera.com/view/505732/a/?#?page=22> (дата звернення: 02.10.2019).
4. Нагорний Є. В., Орда О. О. Модель синхронізації технологічно-логістичних параметрів інтермодальних контейнерних перевезень в ланцюгах постачань. *International Academy Journal Web of Scholar*. 2017. Vol. 6(15). P. 10–15.
5. Наумов В. С., Витер Н. С. Методика формування альтернативних транспортно-технологічних систем доставки вантажів. *Восточноевропейский журнал передових технологий*. 2011. Вып. 5/4(53). С. 16–19.
6. Богомазова Г. Є. Формування автоматизованої технології управління вагонопотоками на залізничних напрямках : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.01. Харків, 2019. 21 с.
7. Лаврухін О. В., Немировський Б. М. Удосконалення технології роботи контейнерних

- терміналів на основі впровадження інтелектуальних передових технологій. *Зб. наук. праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна*. 2017. № 13. С. 49-50.
8. Корнійко Я. Р., Філоненко О. О. Формування механізму інтегрованого логістичного управління контейнерними вантажопотоками. *Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2017. №11. С. 69–72.
  9. Петрушов В. В., Осипов М. В. Удосконалення управління вантажопотоками в інтермодальному сполученні за допомогою ГЕРТ-мереж. *Зб. наук. праць УДУЗТ*. 2016. № 163. С. 96–101.
  10. Орда О. О. Інноваційний підхід організації інтермодальних контейнерних перевезень вантажів в ланцюгах постачань. *Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні: Третя всеукраїнська науково-практична конференція. Тези доповідей*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. С. 174–175.
  11. Nagorny E., Shulika O., Sevryn O. and Orda O. Improving the efficiency of road transport companies by optimizing the costs of information and advertising activities. *SHS Web of Conferences-EDP Sciences*, 67, 03009 (2019)
  12. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика : учеб. пособие. Москва. 2002. 382 с
  13. Тейл Г. Экономические прогнозы и принятие решений: зарубежные статистические исследования : учеб. пособие. пер. с англ. Г. А. Хомянина, А. Г. Шмидта. Москва, 1971. 488 с.
- References**
1. Kyselov V. V. (2009). *Tranzytnyi potentsial Ukrainy: problemy u perspektyvy* [Transit potential of Ukraine: problems and prospects]. *Visnyk KhNU im. V. N. Karazina. Ser. Ekonomika*, 851, 26-29 [in Ukrainian].
  2. Nahorny Ye. V., Lomotko D. V., Shramenko N. Iu. (2012). *Transportno-ekspedytorska diialnist* [Freight forwarding activities]. *Pidruchnyk*, 352 [in Ukrainian].
  3. Bondarchuk O. O. (1999). *Metodycheskye rekomendatsyy po povyshenyiu efektyvnosti formyrovannya transportnykh skhem dostavky hruzov v uslovy-yakh smeshannykh perevozok* [Methodical recommendations for increasing the efficiency of the transport schemes formation for the goods delivery in the conditions of mixed transportation]. Extended abstract of candidate's thesis. Sankt-Peterburh [in Russian]. Retrived from: <http://tekhnosfera.com/view/505732/a?#:page=22> (accessed: 02.10.2019).
  4. Nahorny Ye. V., Orda O. O. (2017). *Model synkhronizatsii tekhnoloho-lohistychnykh parametriv intermodalnykh konteynernykh perevezen v lantsiuhakh postachan* [Model of synchronization of technological and logistic parameters of intermodal container transportation in supply chains]. *Internetal Academy Journal Web of Scholar*, 6(15), 10–15 [in Ukrainian].
  5. Naumov V. S., Vyter N. S. (2011). *Metodyka formuvannya alternatyvnykh transportno-tekhnolohichnykh system dostavky vantazhiv* [Method of formation of alternative transport-technological systems of cargo delivery]. *Vostochnoevropeiskiy zhurnal peredovykh tekhnolohiy*, 5/4(53), 16 – 19 [in Ukrainian].
  6. Bohomazova H. Ie. (2019). *Formuvannya avtomatyzovanoi tekhnolohii upravlinnia vahonopotokamy na zaliznychnykh napriamkakh* [Formation of automated technology for the control of carriages on railway tracks]. Extended abstract of candidate's thesis. Kharkiv [in Ukrainian].
  7. Lavrukhin O. V., Nemyrovskiy B. M. (2017). *Udoskonalennia tekhnolohii roboty konteynernykh terminaliv na osnovi vprovadzhennia intelektualnykh peredovykh tekhnolohii* [Improvement of container terminal technology based on the introduction of intelligent advanced technologies]. *Zb. nauk. prats DNUZT im. akad. V. Lazariana*, 13, 49-50 [in Ukrainian].
  8. Korniiiko Ya. R., Filonenko O. O. (2017). *Formuvannya mekhanizmu intehrovanoho lohistychnoho upravlinnia konteynernymy vantazhopotokamy* [Formation of the mechanism of integrated logistic management of container cargo flows]. *Mizhнародni ekonomichni vidnosyny ta svitove hospodarstvo*, 11, 69-72 [in Ukrainian].
  9. Petrushov V. V., Osypov M. V. (2016). *Udoskonalennia upravlinnia vantazhopotokamy v intermodalnomu spoluchenni za dopomohoiu HERT-merezh* [Improvement of cargo traffic management in the intermodal connection by means of GERT-networks]. *Zb. nauk. prats UDUZT*, 163, 96-101 [in Ukrainian].
  10. Orda O. O. (2018). *Innovatsiinyi pidkhid orhantzatsii intermodalnykh konteynernykh perevezen vantazhiv v lantsiuhakh postachan*. [An innovative approach to the organization of intermodal container transportation of goods in the supply chain]. *Avtobusobudu-vannia ta pasazhyrski perevezennia v Ukraini. III vseukrainska naukovo-praktychna konferentsiia*. (Lviv, 22-23 February, 2018) [in Ukrainian].
  11. Nagorny E., Shulika O., Sevryn O., Orda O. (2019). Improving the efficiency of road transport companies by optimizing the costs of information and advertising activities. *SHS Web of Conferences- EDP Sciences*, 67, 03009.
  12. Kruhlov V. V., Borysov V. V. (2002). *Yskusstvennye neironnye sety. Teoryia y praktyka* [Artificial neural networks. Theory and Practice]. *Uch. posobie* [in Russian].
  13. Teil H. (1971) *Ekonomycheskye prohnozy y pryniatye reshenyi: zarubezhnye statystycheskye ysledovaniya* [Economic forecasts and decision making: foreign statistical studies]: *Uch. Posobie* [in Russian].

**Нагорний Євген Васильович**<sup>1</sup>, д.т.н., проф., зав. каф. транспортних технологій, +38 057-707-37-20, naghornyi2014@gmail.com.

**Орда Олександра Олександрівна**<sup>1</sup>, ас. каф. транспортних технологій, тел. +38 050-282-80-82, e-mail: kost.alexandra@gmail.com.

**Литвиненко Анастасія Геннадіївна**<sup>1</sup>, студент-магістр, +38066-289-86-34, e-mail: anastasialitva3@gmail.com  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

**Математическая модель технологии управления транзитными грузопотоками международного транспортного коридора «Юг–Запад»**

**Аннотация.** Предложена математическая модель технологии управления транзитными грузопотоками международного транспортного маршрута «Юг – Запад». Предложены модели прогнозирования объемов перевозок и выбора рациональной транспортно-технологической схемы доставки грузов с учетом логистических принципов «первой и последней мили».

**Ключевые слова:** международный транспортный коридор «Юг–Запад», технология управления, нейронная сеть, «первая и последняя мили».

**Нагорний Евгений Васильевич**, д.т.н., проф., зав. каф. транспортных технологий, тел. +38 057-707-37-20, e-mail: naghornyi2014@gmail.com

**Орда Александра Александровна**, к.т.н., ас. каф. транспортных технологий, тел. +38 050-282-80-82, e-mail: kost.alexandra@gmail.com.

**Литвиненко Анастасия Геннадиевна**, студент-магістр, +38 066-289-86-34, e-mail: anastasialitva3@gmail.com  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

**Mathematical model of the technology of transit cargo flows' management within the international transport corridor «South – West»**

**Abstract. Problem. Problem.** The priority of Ukraine is to build a national network of international transport corridors. The growing demand for East-West transport services and the intensive development of neighboring countries' transport and communication systems are a signal to Ukraine about the

need to ensure effective international cooperation on Ukraine's integration into the Europe-Asia transport system. **Goal.** The goal is development of the mathematical model of the cargo flow management technology of ITC "South - West", based on the planning effect of the "first and last mile". **Methodology.** The analytical methods of research on the development and application of approach to choosing the rational technology were used. A mathematical model of cargo flow management technology was developed. Using a neural network apparatus to predict the volume of cargo flow is suggested. **Results.** The structure of cargo delivery technological process according to alternative existing variant from Indian Ocean and Persian Gulf countries to European countries is presented, namely, according to the ITC "South - West". An integrated metric is selected as the Goal Function, allowing to consider shipping and delivery time options. **Originality.** The developed mathematical model of cargo flow management technology at the route "South-West" will allow to take into account possible delays at the "first and last mile" with the probability of financial risks. **Practical value.** The use of the proposed approach provides an opportunity to ensure the cargo delivery operator at the route with informational support for making sound management decisions regarding the duration of the "first and last mile" technological operations. In addition, it will allow to measure the likelihood of occurrence and the magnitude of financial risks that lead to increased shipping costs.

**Key words:** cargo flow, container, forecast, Neural Network, risk, "first and miles", international transport corridor «South- West».

**Nahorniy Yevgen**, professor, Doct. of Science, Transport Technologies Department, tel. +38 057-707-37-20, e-mail: naghornyi2014@gmail.com

**Orda Olexandra**, PhD of Technical Sciences, Transport Technologies Department, tel. +38 050-282-80-82, e-mail: kost.alexandra@gmail.com.

**Litvinenko Anastasiya**, student, Transport Technologies Department, tel. + 38 066-289-86-34, e-mail: anastasialitva3@gmail.com

Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.