

О.В. Павленко¹, Т.В. Волкова¹, Д.О. Музильов², Є.П. Медведєв³¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна²Державний біотехнологічний університет, Україна³Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПОСТАЧАННЯ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ ІЗ УКРАЇНИ В КРАЇНИ СВІТУ

У статті розроблена структурна модель функціональної взаємодії в системі постачання зернових вантажів із України в країни Світу. Розроблена двоохрівлева модель функціонування логістичної системи постачання зернових вантажів. Побудована імітаційна модель просування зернового вантажу від відправника до морського порту відправлення на базі мереж Петрі, яка відображає структуру взаємовідносин між елементами системи.

Ключові слова: модель, логістика, постачання, зерно, міжнародні перевезення.

Постановка проблеми

У сучасних умовах інформаційної насиченості різних сфер виробництва товарів з'являються різноманітні та значні обсяги даних. Це створює передумови для використання комп'ютерних технологій та інтелектуальних систем для швидкої обробки інформаційних потоків. Особливо важливо приймати правильні рішення в оперативний період планування складних систем, таких як ланцюг поставок зернових вантажів у міжнародному сполученні. Зокрема, логістична система доставки зернових вантажів має багато комунікаційних зв'язків та складається зі значної кількості елементів. Тому виникають певні проблеми з ефективним управлінням та створенням «правильного розкладу» доставки від місця виробництва до місця споживання [1, 2]. Виникає необхідність вивчити поведінку досліджуваної системи та отримати інформацію про її найважливіші характеристики. Системи паралельної обробки інформації та паралельно функціонуючих об'єктів дозволяють підійти до вирішення завдань, пов'язаних з ефективною взаємодією окремих елементів для визначеної системи доставки зернових вантажів. Найкращим прикладом є моделі на основі теорії мереж Петрі [3].

В даний час Україна є одним із провідних світових експортерів зерна. В 2023 році з України експортували 44,8 млн. тонн зернових, що на 16 % більше значень 2022 року (рис. 1) [4]. За основними видами зернових вантажів (кукурудза, пшениця, ячмінь), найбільший приріст був у пшениці – 44 %. Тобто вплив військового стану почав зменшуватися, тільки вдалося налагодити відвантаження зернових

вантажів через порти Одеси. Тобто вплив портової інфраструктури, як перевалочного пункту значний на логістику постачання даної продукції.

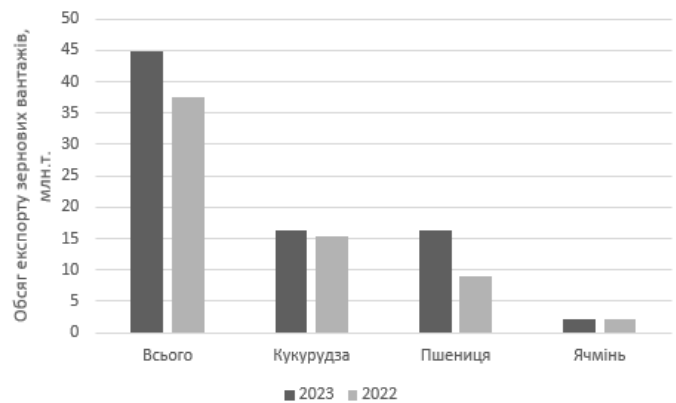


Рис. 1. Динаміка зміни обсягу експорту з України зернових вантажів в 2022 та 2023 роках

Витрати на логістику зернових вантажів в Україні на теперішній час перевищують провідні країни Європи (рис. 2) [5].

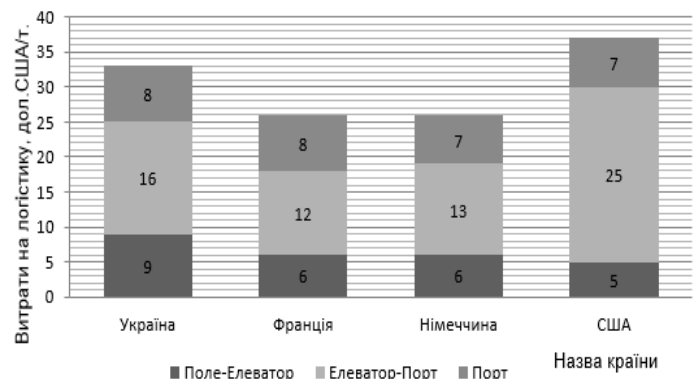


Рис. 2. Значення витрат на логістику зернових вантажів у різних країнах світу

Логістичні витрати, як правило, включають витрати, пов'язані з перевезенням, складуванням, зберіганням, очищенням, просушуванням вантажів, вантажно-розвантажувальними операціями, оформленням документів, упаковкою, забезпеченням безпеки, а також оплатою будь-яких комісійних, тарифів і зборів у зв'язку з експортом зерна. Через підвищені логістичні витрати українські аграрні компанії отримують меншу ціну в порівнянні з цінами світового ринку – їм доводиться нести витрати, зумовлені неефективністю системи логістики.

Таким чином, необхідно розробити імітаційні моделі логістичної системи постачання зернових вантажів від виробника до морського порту відправлення, як основного вузла комунікації зі портами всього світу. Проведення моделювання дозволить визначити рівень впливу отриманих даних про транспортний матеріальний потік на ефективність прийняття рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Наразі в управлінні логістикою постачання в Україні використовуються підходи, що базуються на евристичних методах, власному досвіді виконавців та дисципліні виконання заявок. На практиці це означає виникнення реальних втрат, пов'язаних із збільшенням терміну постачання зернових вантажів, простоями зернового вантажу у вагонах на підходах до портів, прикордонних переходах та на складах підприємств (елеваторах), аритмію роботи підсистем транспорту та тривалі розслідування.

Стійкість ланцюга поставок відноситься до здатності мережі швидко реагувати на збої та повертатися до нормальних умов; однак управлінням, які ухвалюють рішення, складно проектувати стійкі мережі постачання [6]. На підставі стратегії стійкості процесу до надзвичайних ситуацій, розглядається проблема проектування стійкої мережі постачання в умовах невизначених ризиків збоїв з використанням індикатора стійкості середнього значення для гіршого випадку, який відображає переваги ризику осіб, які приймають рішення [6]. Це особливо важливо в умовах України знаходити швидкі рішення з мінімальними негативними наслідками.

Система ланцюга постачання на прикладі біомаси в [7], є складною серією процесів, що включає різні етапи, включаючи виробництво біомаси, збирання врожаю, попередню обробку, перетворення і розподіл кінцевого продукту кінцевим користувачам. Для ефективного управління та оптимізації цієї системи дослідники розробили різні моделі, які фокусуються на різних рівнях прийняття рішень. Деякі фокусуються на прийнятті рішень на стратегічному рівні, наприклад, на виборі місця та розміру, шляхах перетворення, ємності запасів, тоді

як інші фокусуються на прийнятті рішень на тактичному рівні, наприклад, потоках сировини від джерел до об'єктів або кінцевим користувачам. Такий підхід дає визначити чітку послідовність в системі постачання та встановити систему прийняття рішення для кожного учасника логістичного ланцюга.

В функціонуванні логістичних систем при постачанні відповідних видів товарів у міжнародному сполученні вченими виявлені наступні організаційні проблеми: не ефективне використанні ресурсів [8, 9]; не врахування ризикових складових в системі оперативного управління [10, 11]; велика кількість обмежень в умовах прийняття рішень [12, 13].

Для вирішення задач оптимізації логістичних систем, що функціонують поелементно, використовуються нейронні мережі [14]. Вони застосовуються на етапі отримання прогностичних значень для подальшої організації процесу. Однак для їх проектування необхідно мати більший часовий ряд і витратити певний час на контроль (навчання) мережі. У той же час засоби на основі мереж Петрі [15] дозволяють досліджувати поведінку об'єкта в режимі реального часу за рахунок оцінки продуктивності системи (чинник часу) без прогностичних даних.

Мета та завдання статті

Метою цієї роботи є побудова імітаційної моделі логістичної системи постачання зернових вантажів від виробника до морського порту відправлення в Україні з призначенням для країн світу для вибору найкращого варіанту ланцюга поставок. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- розробити структурну модель функціональної взаємодії в системі постачання зернових вантажів;
- розробити двохрівневу модель функціонування логістичної системи постачання зернових вантажів;
- побудувати імітаційну модель просування зернового вантажу від відправника до морського порту відправлення.

Виклад основного матеріалу

Надійні умови функціонування системи постачання зернових вантажів, до яких прагне Українські сільгоспвиробники (аграрні компанії), вимагають значної уваги до логістики, а саме її значного розвитку. Висока ефективність і якість саме логістики для постачання зернових вантажів, значною мірою буде залежати від оптимізації наступних дій: координація функціонування

задіяних видів транспорту; оптимізація розподілу потоків зернових вантажів між видами транспорту та своєчасне прийняття оптимальних рішень на кожному кроці виконання операцій. А особливу увагу необхідно приділяти наступним найважливішим показникам функціонування системи постачання зернових вантажів: транспортним витратам і, особливо, часу, необхідному для виконання основних робіт.

На сьогоднішній день логістична система доставки зернових вантажів в Україні має структуру, яка базується на взаємодії учасників: аграрних компаній, як виробників а організаторів експорту зернових вантажів, фермерів, транспортно-логістичних компаній, а також існуючої інфраструктури українських та закордонних портів, залізниць, автомобільних доріг (рис. 3).

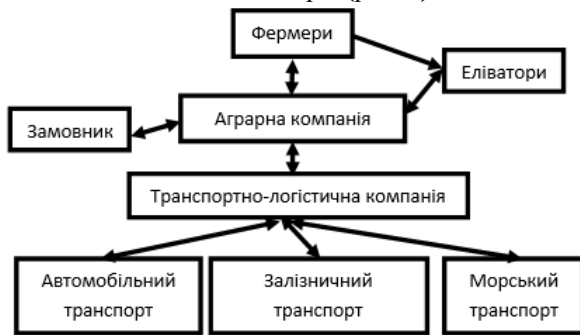


Рис. 3. Структурна модель функціональної взаємодії в системі постачання зернових вантажів

Аграрна компанія в цій схемі є централізованою системою необхідного технологічного рівня, яка спрямована на організацію процесів всіх учасників, а також на отримання та аналіз даних, що надходять із системи, для забезпечення більшої прозорості. Така цілісна перспектива в реальному часі для всіх учасників логістичної системи може дозволити аграрним компаніям мати достатньо можливостей для прийняття відповідних короткострокових та довгострокових рішень, які відповідатимуть цілям організатора, а також цілям усього процесу.

Функціонування системи розглядається на двох рівнях (рис. 4): угорі – моделі збору та обробки даних аграрною компанією, внизу – імітаційна модель функціонування логістичної системи постачання зернових вантажів.

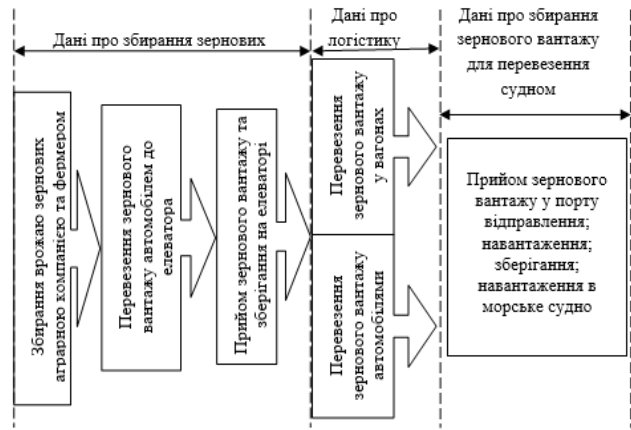


Рис. 4. Двохрівнева модель функціонування логістичної системи постачання зернових вантажів

В даному дослідженні будемо визначати ефективний варіант організації постачання зернових вантажів по нижньому рівню. Для цього буде побудована імітаційна модель за допомогою мереж Петрі. Це очевидна та добре формалізована модель поведінки паралельних систем з асинхронними взаємодіями. Він відображає структуру взаємовідносин між елементами системи та динаміку зміни її станів у компактному вигляді за заданих умов входу [15]. Таким чином, він виступає як статична і динамічна модель представленого з його допомогою об'єкта, що в свою чергу дає можливість вирішувати досить широкий спектр завдань.

Параметром оцінки функціонування системи постачання зернових вантажів пропонується сумарний час виконання операцій (T_o), який залежить від інтенсивності j -го виду (I_j), од./год.; час виконання k -их операцій (t_k), год.:

$$T_o = f(I_j, t_k). \quad (1)$$

Інтенсивності визначаються відповідною множиною їх видів:

$$I_j = \{I_z, I_n, I_a, I_e, I_l, I_{nm}, I_{mc}\}, \quad (2)$$

де I_z – інтенсивність отримання заявок, од./год.;

I_n – інтенсивність надходження зерна з поля, т/год.;

I_a – інтенсивність надходження автомобілів, од./год.;

I_e – інтенсивність надходження вагонів, од./год.;

I_l – інтенсивність надходження локомотивів, од./год.;

I_{nm} – інтенсивність прибуття та відправлення поїздів, од./год.;

I_{mc} – інтенсивність надходження морських суден у порт, од/місяць.

Час виконання операцій складається з множин часу:

$$t_k = \{t_a, t_z, t_m, t_e\}, \quad (3)$$

де t_a – час виконання технологічних операцій на автомобільному транспорті, год.;

t_z – час виконання технологічних операцій на залізничному транспорті, год.;

t_m – час виконання технологічних операцій у порту, год.;

t_e – час виконання технологічних операцій на елеваторі, год.

Для побудови імітаційної моделі використовуємо оціночні стохастичні мережі Петрі, в яких вершини місць мають цілу кількість міток, та використовуються для кількісної оцінки деяких параметрів функціонування систем: надійності та продуктивності. У них кожному переходу приписано можливість його спрацювання за певний час.

Враховуючи функціональні зв'язки між елементами, можна побудувати укрупнену модель мережі Петрі (рис. 5), яка описує функціонування логістичної системи – процес просування зерна від відправника (поле аграрної компанії або фермера) до морського порту. Подана схема описує процес за встановленими елементами: по переходам: T_1, T_2 – визначається інтенсивність надходження заявок відповідно від аграрної компанії та фермера; T_3, T_5, T_6 – визначається час переміщення зернового вантажу автомобілями та вагонами; T_4, T_7, T_8, T_9 – визначається розподіл вантажу, інформації, технічних засобів; за позиціями: P_1, P_2 – визначається наявність зерна у фермера та заявок (технічних засобів) у аграрної компанії; $P_3 - P_{11}$ – визначається становище зернового вантажу на кожному етапі виконання операцій; $P_{12} - P_{14}$ – визначається наявність інформації про виконану роботу з кожного елементу. Як видно з вищеописаного, ключовими місцями представленої моделі є переходи T_4, T_7, T_8, T_9 та позиції $P_{12} - P_{14}$. Тому надалі при моделюванні максимальна увага має приділятися саме цим місцям.

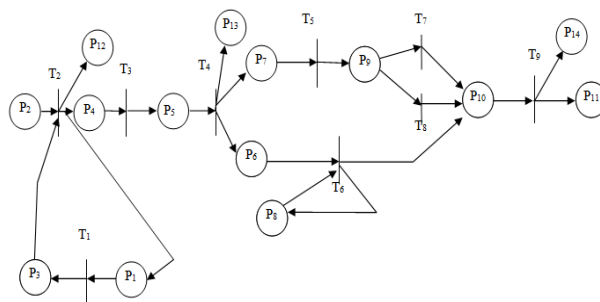


Рис. 5. Схематичне представлення моделі просування зернового вантажу від відправника до морського порту відправлення

Для моделювання функціонування логістичної системи доставки зернових вантажів проведемо статистичний аналіз параметрів, що використовуються для завдання початкових значень по переходам і позиціям.

За даним найбільшого виробника та експортера зернових вантажів компанії «Кернел Трейд» визначимо сумарний час виконання операцій (T_o) від відправників (аграрної компанії та фермерів) до портової станції Одеса-Порт із перевантаженням на зерновий термінал Одеського порту [16]. Для статистичної оцінки значень параметрів, що використовуються в переходах моделей – T_i , розіб'ємо їх на групи за характеристичною ознакою (табл. 1).

Таблиця 1

Результати статистичної оцінки параметрів моделі

Назва групи параметрів	Обсяг вибірки	Межі значень математичного очікування параметра	Закон розподілу
Інтенсивність отримання заявок, од./год.	68	0,1 - 6	Експоненційний
Інтенсивність надходження зерна з поля, т/год.	54	190-1200	Гамма-розподілу
Час виконання технологічних операцій на автомобільному транспорті, год.	28	0,3-4	Нормальний

Продовження табл. 1

Інтенсивність надходження автомобілів, од./год.	58	1-12	Експоненційний
Час виконання технологічних операцій на залізничному транспорті, год.	87	0,8-4	Нормальний
Інтенсивність надходження вагонів, од./год.	94	1-20	Експоненційний
Інтенсивність надходження локомотивів, од./год.	52	2-13	Експоненційний
Інтенсивність прибуття та відправлення поїздів, од./год.	80	0,1-7,3	Експоненційний
Час виконання технологічних операцій у порту, год.	47	0,7-6,8	Нормальний
Час виконання технологічних операцій на елеваторі, год.	122	0,4-120	Нормальний
Інтенсивність надходження морських суден у порт, од./місяць.	26	12-58	Експоненційний

В результаті моделювання отримано дані щодо тривалості виконання основних технологічних операцій по всій логістичній системі. Проаналізуємо поведінку моделі залежно від обсягів замовлення вивезення зернового вантажу (рис. 6). Кількість значень, визначена виходячи з рівня довірчої ймовірності, помилки та кількості спостережень, і склала 68 одиниць, при цьому значення змінюються від 20 до 3370 тонн [16]. Пропонується три варіанти розподілу вантажопотоку при використанні автомобільного та залізничного транспорту: 1 варіант – 100 % вантажу перевозитися залізничним транспортом; 2 варіант – порівну за кожен вид транспорту; 3 варіант – 100% вантажу перевозитися автомобільним транспортом.

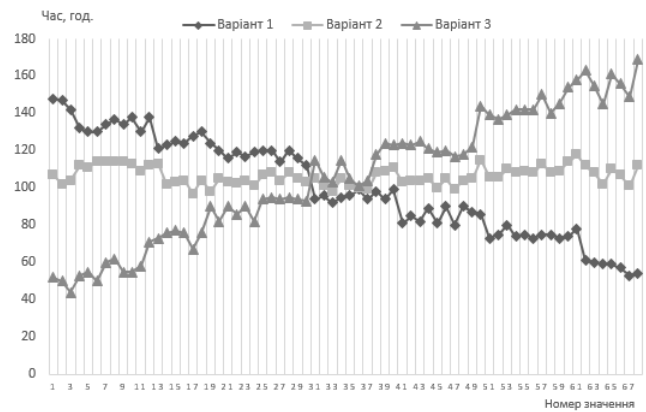


Рис. 6. Результати моделювання функціонування логістичної системи постачання зернових вантажів за трьома варіантами розподілу вантажопотоку за видами транспорту

З гістограми (рис. 6) видно, що середній час доставки матиме другий варіант ланцюга поставок – поєднання двох видів транспорту практично для всіх обсягів вантажообігу. Цей результат моделювання повністю показує реальність транспортного процесу у реальних умовах. Середній час пояснюється тим, що автомобільний транспорт використовується на невеликій відстані навіть при значних обсягах вантажів.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Розроблена структурна модель функціональної взаємодії в системі постачання зернових вантажів із України в країни Світу, в якій враховані можливі варіанти участі всіх потенційних учасників ланцюга постачання. На основі цієї взаємодії та принципів організації постачання зернових вантажів від виробництва (збору врожаю) до порту відправлення розроблена двохрівневу модель функціонування цієї логістичної системи. Де вгорі – моделі збору та обробки даних аграрною компанією, внизу – імітаційна модель функціонування логістичної системи. Побудована імітаційна модель просування зернового вантажу від відправника до морського порту відправлення на базі мереж Петрі, яка відображає структуру взаємовідносин між елементами системи та динаміку зміни її станів у компактному вигляді. На базі побудованої моделі проведено моделювання за трьома варіантами розподілу вантажопотоку по двом видам транспорту. Визначено, що варіант рівномірного розподілу зернового вантажу між автомобільним та залізничним транспортом дозволяє отримувати економію часу.

Надалі планується побудувати імітаційні моделі функціональної взаємодії в системі постачання зернових вантажів на мікрорівні, тобто побудувати моделі виконання операцій кожним учасником

логістичного ланцюга.

Література

1. Gupta, H., Yadav, A.K., Kusi-Sarpong, S., Khan, S.A. & Sharma, S.C. (2022) Strategies to overcome barriers to innovative digitalisation technologies for supply chain logistics resilience during pandemic. *Technology in Society*, 69, 101970.
2. Chen, D., Sun, D., Yin, Y., Dhamotharan, L., Kumar, A. & Guo, Y. (2022) The resilience of logistics network against node failures. *International Journal of Production Economics*, 244, 108373.
3. Cao, R., Hao, L., Wang, F. & Gao, Q. (2019) Modelling and analysis of hybrid stochastic timed Petri net. *Journal of Control and Decision*. 6(2), 90-110.
4. Україна торік збільшила обсяги експорту зерна: яку виручку отримано [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://www.unian.ua/economics/agro/eksport-zerna-skilki-ukrajina-zarobila-minulogo-roku-12544620.html>. (дата звернення 10.10.2024 р.)
5. Дефіцит тяги. Що зупиняє український експорт [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://biz.nv.ua/publications/defitsit-tjahi-cto-ostanavlivaet-ukrainskij-eksport-2483988.html> (дата звернення 10.10.2024 р.)
6. Wang, Y., Liu, Y. & Bai, X. (2024) Designing a new robust resilience supply chain network under partial distribution information. *Computers & Industrial Engineering*, 190, 110028.
7. Huang, X., Ji, L., Yin, J. & Huang, G. (2024) Optimal design and robust operational management of regional bioethanol supply chain with various technological choices and uncertainty fusions. *Computers & Chemical Engineering*, 182, 108565.
8. Pavlenko, O., Muzylyov, D., Trojanowska, J. & Ivanov, V. (2023). Rational Logistics of Engineering Products to the European Union. *International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance*. Springer, 25-38.
9. Kazancoglu, I., Ozbiltekin-Pala, M., Mangla, S.K., Kazancoglu, Y. & Jabeen, F. (2022) Role of flexibility, agility and responsiveness for sustainable supply chain resilience during COVID-19. *Journal of Cleaner Production*, 362, 132431.
10. Muzylyov, D., Medvediev, I. & Pavlenko, O. (2024) Risk factor assessment in agricultural supply chain by fuzzy logic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1376(1), 012038.
11. Medvediev, I., Muzylyov, D. & Montewka, J. (2024) A model for agribusiness supply chain risk management using fuzzy logic. Case study: Grain route from Ukraine to Poland. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 190, 103691.
12. Павленко О.В. Модель функціонування логістики для постачання спеціалізованих транспортних засобів в контейнерах із підприємств Північної Америки в Україну [Текст] / О.В. Павленко, Д.О. Музильов, Є.П. Медведєв // *Комунальне господарство міст*. - 2024. - № 182 (1). - С. 248-253.
13. Yin, W., Ran, W. & Zhang, Z. (2024) A configuration approach to build supply chain resilience: From matching perspective. *Expert Systems with Applications*, 249 (B), 123662.
14. Soori, M., Arezoo, B. & Dastres, R. (2023) Artificial neural networks in supply chain management, a review. *Journal of Economy and Technology*, 1, 179-196.
15. Zhou, T., Fan, G. & Cai, X. (2022) Modeling Product Traceability Process Based On Petri Nets. *Procedia Computer Science*, 214, 1460-1466.

Science, 214, 1460-1466.

16. Про компанію «Кернел Трейд» [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://www.kernel.ua/ua/about/> (дата звернення 15.10.2024 р.)

References

1. Gupta, H., Yadav, A.K., Kusi-Sarpong, S., Khan, S.A. & Sharma, S.C. (2022) Strategies to overcome barriers to innovative digitalisation technologies for supply chain logistics resilience during pandemic. *Technology in Society*, 69, 101970.
2. Chen, D., Sun, D., Yin, Y., Dhamotharan, L., Kumar, A. & Guo, Y. (2022) The resilience of logistics network against node failures. *International Journal of Production Economics*, 244, 108373.
3. Cao, R., Hao, L., Wang, F. & Gao, Q. (2019) Modelling and analysis of hybrid stochastic timed Petri net. *Journal of Control and Decision*. 6(2), 90-110.
4. Ukraine increased the volume of grain exports last year: what revenue was received. Retrieved from: <https://www.unian.ua/economics/agro/eksport-zerna-skilki-ukrajina-zarobila-minulogo-roku-12544620.html>.
5. Lack of traction. What stops Ukrainian exports Retrieved from: <https://biz.nv.ua/publications/defitsit-tjahi-cto-ostanavlivaet-ukrainskij-eksport-2483988.html>
6. Wang, Y., Liu, Y. & Bai, X. (2024) Designing a new robust resilience supply chain network under partial distribution information. *Computers & Industrial Engineering*, 190, 110028.
7. Huang, X., Ji, L., Yin, J. & Huang, G. (2024) Optimal design and robust operational management of regional bioethanol supply chain with various technological choices and uncertainty fusions. *Computers & Chemical Engineering*, 182, 108565.
8. Pavlenko, O., Muzylyov, D., Trojanowska, J. & Ivanov, V. (2023). Rational Logistics of Engineering Products to the European Union. *International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance*. Springer, 25-38.
9. Kazancoglu, I., Ozbiltekin-Pala, M., Mangla, S.K., Kazancoglu, Y. & Jabeen, F. (2022) Role of flexibility, agility and responsiveness for sustainable supply chain resilience during COVID-19. *Journal of Cleaner Production*, 362, 132431.
10. Muzylyov, D., Medvediev, I. & Pavlenko, O. (2024) Risk factor assessment in agricultural supply chain by fuzzy logic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1376(1), 012038.
11. Medvediev, I., Muzylyov, D. & Montewka, J. (2024) A model for agribusiness supply chain risk management using fuzzy logic. Case study: Grain route from Ukraine to Poland. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 190, 103691.
12. Pavlenko, O., Muzylov, D. & Medvediev, Ye. (2024) Model of functioning logistics for supply of specialised vehicles in containers from North American companies to Ukraine. *Municipal economy of cities*, 182 (1), 248-253.
13. Yin, W., Ran, W. & Zhang, Z. (2024) A configuration approach to build supply chain resilience: From matching perspective. *Expert Systems with Applications*, 249 (B), 123662.
14. Soori, M., Arezoo, B. & Dastres, R. (2023) Artificial neural networks in supply chain management, a review. *Journal of Economy and Technology*, 1, 179-196.
15. Zhou, T., Fan, G. & Cai, X. (2022) Modeling Product Traceability Process Based On Petri Nets. *Procedia Computer Science*, 214, 1460-1466.
16. About the company "Kernel Trade". Retrieved from:

<https://www.kernel.ua/ua/about/>

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8546-4119>

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.С. Наглюк, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

Автор: ПАВЛЕНКО Олексій Вікторович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – tpov@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4237-4310>

Автор: ВОЛКОВА Тетяна Вікторівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків.
E-mail – wolf949@ukr.net

Автор: МУЗИЛЬОВ Дмитро Олександрович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій та логістики
Державний біотехнологічний університет
E-mail – murza_1@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8540-6987>

Автор: МЕДВЕДЄВ Євген Павлович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
E-mail – medvedev.ep@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8566-9624>

SIMULATION MODEL OF THE FUNCTIONING OF THE LOGISTICS SYSTEM FOR THE SUPPLY OF GRAIN CARGOES FROM UKRAINE TO THE COUNTRIES OF THE WORLD

O. Pavlenko¹, T. Volkova¹, D. Muzylov², Ye. Medvediev³

¹Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

²State Biotechnological University, Ukraine

³Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine

The article analyses the existing developments in the logistics of grain and similar cargoes in international systems. Due to the increase in logistics costs, Ukrainian agricultural companies receive a lower price compared to world market prices - they have to bear the costs caused by an inefficient logistics system. Therefore, it is necessary to develop a simulation model of the logistics system for the supply of grain cargo from the producer to the seaport of departure, as the main hub of communication with ports around the world. And the modelling will allow us to determine the level of influence of the obtained data on the transport material flow on the efficiency of decision-making. It is proposed to build models based on Petri nets, which allow to study the behaviour of an object in real time by assessing the performance of the system without forecast data. Today, the logistics system of grain cargo delivery in Ukraine has a structure based on the interaction of participants: agricultural companies as producers and organisers of grain exports, farmers, transport and logistics companies, as well as the existing infrastructure of Ukrainian and foreign ports, railways, and roads. This principle of interaction allowed us to build a structural model of functional interaction in the grain supply system. Based on this interaction and the principles of organising the supply of grain cargoes from production (harvesting) to the port of departure, a two-tier model of the functioning of this logistics system was developed. At the top are models of data collection and processing by an agricultural company, and at the bottom is a simulation model of the logistics system. A simulation model of grain cargo movement from the sender to the seaport of departure based on Petri nets has been built, which reflects the structure of relationships between the elements of the system and the dynamics of changes in its states in a compact form. On the basis of the built model, a simulation was carried out for three variants of distribution of cargo flow by two modes of transport. It has been determined that the option of uniform distribution of grain cargo between road and rail transport allows to save time.

Keywords: model, logistics, supply, grain, international transport.