

ЕКОНОМІКА

УДК 330.341.1:656.2(477)

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2023.3-18.01>

УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИКОЮ ВІДПОВІДНО ДО ПОПИТУ НА ПАСАЖИРСЬКІ ТА ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ З ПОЯВОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ (ДОСВІД ДЛЯ УКРАЇНИ)

В.Ф. Гарькава

д.е.н., доцент, ректор,

Міжнародний класичний університет імені Пилипа Орлика, Миколаїв, Україна,

ORCID ID: 0000-0003-3033-8515

Анотація

Вступ. Дослідження спрямоване на визначення потенційної можливості оптимізації транспортно-логістичної галузі України за допомогою штучного інтелекту. Реалізація системних організаційних рішень на основі штучного інтелекту, зокрема для прогнозування та задоволення попиту на пасажиро- та вантажоперевезення, може сприяти технологічно-економічній оптимізації галузі. **Мета.** Метою статті є проведення прогностно-статистичного оцінювання впливу системних рішень з інтеграції штучного інтелекту в транспортно-логістичну галузь України. Використання системних моделей та інструментів штучного інтелекту, що ґрунтуються на глибокому машинному навчанні, дає можливість прогнозувати та оптимізувати розвиток галузі. **Результати.** Результати дослідження вказують на потенційну можливість впровадження системних рішень з використанням штучного інтелекту в транспортно-логістичній галузі України. Ці рішення можуть призвести до позитивних зрушень в транспортній сфері, включаючи можливість зупинити тривалий період рецесії. Результати дослідження мають практичні наслідки для формування механізмів та організаційно-технологічних рішень з впровадженням новітніх технологій четвертої хвилі індустріального розвитку та глобальної цифровізації. **Висновки.** На основі проведеного аналізу та моделювання прогнозів можна зробити висновок, що впровадження штучного інтелекту в транспортно-логістичну галузь України має потенціал для покращення ефективності та оптимізації процесів пасажиро- та вантажоперевезень. Запропонована модель і, зокрема, інструментарій застосування засобів штучного інтелекту на основі глибокого машинного навчання, можуть стати основою для подальшого розвитку транспортної галузі України. В майбутньому важливо провести додаткові дослідження, для подальшого розвитку моделі прогнозування та оптимізації, зокрема для створення більш точних моделей прогнозування попиту на пасажирські та вантажні перевезення. Розвиток технологій штучного інтелекту та використання нових алгоритмів машинного навчання можуть допомогти вдосконалити прогностні моделі та їх застосування в транспортно-логістичній галузі.

Ключові слова: штучний інтелект, транспортно-логістична галузь, прогнозування попиту, оптимізація технологічно-економічних процесів, глибоке машинне навчання.

**LOGISTICS MANAGEMENT IN ACCORDANCE WITH THE DEMAND
FOR PASSENGER AND FREIGHT TRANSPORTATION WITH THE ADVENT
OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (EXPERIENCE FOR UKRAINE)**

V.F. Harkava

Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Rector,
Pylyp Orlyk International Classical University, Mykolaiv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0003-3033-8515

Summary

Introduction. The research aims to determine the potential for optimizing the transportation and logistics industry in Ukraine using artificial intelligence. The implementation of systematic organizational solutions based on artificial intelligence, particularly for forecasting and meeting the demand for passenger and freight transportation, can contribute to the technological and economic optimization of the industry. **Objective (Aim).** The objective of this article is to conduct a forecast-statistical assessment of the impact of integrating artificial intelligence into the transportation and logistics sector in Ukraine. The use of systemic models and artificial intelligence tools based on deep machine learning enables the prediction and optimization of industry development. **Results.** The results of the study indicate the potential for implementing systemic solutions using artificial intelligence in Ukraine's transportation and logistics industry. These solutions can lead to positive developments in the transportation sector, including the possibility of overcoming an extended period of recession. The research findings have practical implications for the development of mechanisms and organizational technological solutions for the implementation of advanced technologies in the fourth wave of industrial development and global digitalization. **Conclusions.** In conclusion, the introduction of artificial intelligence in Ukraine's transportation and logistics sector has the potential to enhance efficiency and optimize passenger and freight transportation processes. The proposed model and tools for implementing artificial intelligence, particularly based on deep machine learning, can serve as a foundation for further development in the transportation industry. Future research should focus on improving forecast-optimization models, including the development of more accurate models for predicting demand for passenger and freight transportation. Advancements in artificial intelligence technology and the use of new machine learning algorithms can help refine forecast models and their application in the transportation and logistics industry.

Key words: artificial intelligence, transportation and logistics industry, demand forecasting, optimization of technological and economic processes, deep machine learning.

Вступ. Дослідження оптимізації управління логістикою в контексті пасажирських і вантажних перевезень є актуальними і важливими для України з появою можливостей штучного інтелекту з таких причин:

1. Підвищення ефективності: управління логістикою використовується для оптимізації руху пасажирів і вантажів з одного місця в інше. Застосування штучного інтелекту в цій сфері може значно покращити ефективність процесів.

Наприклад, штучний інтелект може аналізувати дані про попит, прогнозувати потреби у перевезеннях, визначати найбільш ефективний маршрут і розподіляти ресурси відповідно [1–3].

2. Зниження витрат: оптимізація логістичних процесів за допомогою штучного інтелекту може принести значні економічні вигоди. Скорочення часу транспортування, оптимізація використання транспортних засобів і зниження витрат на паливо призводять до економії коштів для перевізників і пасажирів [4–6].

3. Покращення безпеки: штучний інтелект може допомогти вдосконалити системи безпеки пасажирських і вантажних перевезень. Він може аналізувати дані про безпекові ризики, прогнозувати можливі аварійні ситуації та запропонувати заходи щодо їх запобігання. Також штучний інтелект може допомогти контролювати безпекові вимоги і стандарти на всіх етапах перевезень [7–9].

4. Адаптація до змін: управління логістикою з використанням штучного інтелекту дає можливість швидко реагувати на мінливі умови, такі як зміна попиту, стан доріг і кліматичні чинники. Системи штучного інтелекту можуть адаптуватися до нових умов і вживати необхідні заходи для забезпечення ефективності та надійності перевезень [10–12].

5. Конкурентоспроможність: успішне впровадження штучного інтелекту в управління логістикою може забезпечити конкурентну перевагу для перевізників та логістичних компаній. Високоєфективні та інноваційні системи логістики можуть привернути нових клієнтів і забезпечити задоволення їхніх потреб [13–15].

Загалом, управління логістикою з використанням штучного інтелекту є актуальним дослідженням для України, оскільки воно може покращити ефективність перевезень, знизити витрати, забезпечити безпеку і підвищити конкурентоспроможність на ринку. Дослідження є важливими для впровадження інноваційних рішень та сталого розвитку логістичних систем відповідно до потреб сучасного суспільства.

Постановка проблеми. Україна, як країна з великим обсягом пасажирських і вантажних перевезень, стикається з низкою проблем, які впливають на ефективність, безпеку та вартість перевезень. Традиційні методи управління логістикою мають обмеження і не можуть оптимально вирішити ці проблеми [16–18].

Одна з основних проблем полягає в нестабільності попиту на перевезення. Пасажирські та вантажні потоки можуть змінюватися залежно від сезону, святкових періодів, економічної ситуації та інших чинників. Традиційні методи планування можуть бути недостатньо гнучкими для ефективного реагування на зміни в попиті та прогнозування майбутніх потреб [19].

Другою проблемою є складність оптимізації маршрутів і розподілу ресурсів. Управління великими мережами пасажирських транспортних засобів або логістичних ланцюгів вантажоперевезень вимагає врахування багатьох чинників, таких як відстань, трафік, час, обсяги перевезень та інші обмеження. Ручне планування може бути часо- та ресурсомістким, а також схильним до помилок [20].

Третя проблема пов'язана з безпекою перевезень. Нестача розуміння та аналізу потенційних ризиків може призвести до аварій, втрати товарів, порушення графіків та загроз для безпеки пасажирів. Традиційні системи безпеки можуть бути не в змозі передбачити надзвичайні ситуації та вжити відповідних заходів безпеки, які можуть бути недостатньо ефективними або реактивними [21].

Отже, постановка проблеми полягає в необхідності вивчення та впровадження штучного інтелекту в управління логістикою пасажирських і вантажних перевезень в Україні.

Формулювання цілей статті. Мета цієї статті – статистично та аналітично оцінити можливий вплив впровадження штучного інтелекту, що працює за принципом задоволення попиту на пасажирські та вантажні перевезення, на параметри розвитку транспортно-логістичного сектору в Україні.

Виклад основного матеріалу. Методологічна основа ґрунтується на відповідних наборах статистичних даних Держстату.

Прогнозування попиту на пасажирські та вантажні перевезення може бути реалізоване за допомогою математичної моделі, що використовує штучний інтелект. Одна з можливих моделей, яку можна використати, – модель прогнозування на основі методів машинного навчання, зокрема, регресії. Нижче наведено загальний опис такої моделі [22–26]:

1. Збір даних: зібрати історичні дані про попит на пасажирські та вантажні перевезення. Ці дані мають включати низку чинників, які можуть впливати на попит, наприклад, дати, час, дні тижня, свята, економічні показники та погоду. Важливо також враховувати український контекст, наприклад, географію, транспортну інфраструктуру та інші місцеві чинники.

2. Попередня обробка даних: перш ніж використовувати дані для навчання моделі, їх потрібно попередньо обробити. Це включає усунення прогалів, обробку даних, яких бракує, нормалізацію та стандартизацію.

3. Виділення ознак (функцій): вибрати важливі ознаки (функції), які будуть використовуватися для прогнозування попиту. Це можуть бути такі ознаки, як дата, час, день тижня, свята, економічні показники, погода тощо.

4. Розділення даних: розбити дані на тренувальний набір і тестовий набір. Тренувальний набір буде використовуватися для навчання моделі, а тестовий набір – для перевірки її точності.

5. Вибір моделі: вибрати підходящу модель машинного навчання, зокрема, регресійну модель, яка може передбачати числові значення.

6. Навчання моделі: навчити модель на тренувальному наборі даних.

Модель використовує історичні дані про попит та відповідні атрибути для встановлення взаємозв'язків між ними.

7. Оцінювання моделі: оцінити точність прогнозування моделі, використовуючи тестовий набір даних. Метрики, такі як середня квадратична помилка (Mean Squared Error) або середня абсолютна помилка (Mean Absolute Error), можуть бути використані для оцінювання результатів.

8. Прогнозування: застосувати навчену модель до нових даних для прогнозування попиту на пасажирські та вантажні перевезення. Використовуючи оновлені дані про ознаки, модель буде генерувати прогнози, що відображають очікуваний попит.

Важливо зазначити, що точність прогнозування може залежати від якості та обсягу наявних даних, вибраної моделі та правильного підбору ознак. Додатково можуть бути використані інші методи машинного навчання, такі як нейронні мережі або ансамблеві методи, для поліпшення точності прогнозів.

Загальний математичний опис алгоритмів прогнозування попиту на пасажирські та вантажні перевезення з використанням штучного інтелекту наведено нижче [27–29]:

1. Збір та попередня обробка даних:

1.1. Нехай маємо навчальну вибірку з n спостережень: $\{(X^i, Y^i)\}$, де $X^i = (X^i_1, X^i_2, \dots, X^i_m)$ – вхідні ознаки для спостереження i , Y^i – відповідне значення попиту.

1.2. Здійснюється попередня обробка даних, яка може включати стандартизацію (центрування та масштабування) вхідних ознак, а також можливу обробку пропущених даних.

2. Розділення даних:

2.1. Розділити дані на тренувальну вибірку та тестувальну вибірку.

2.2. Тренувальна вибірка: $\{(X_{train}^i, Y_{train}^i)\}$, де $i = 1, 2, \dots, n_{train}$.

Тестувальна вибірка: $\{(X_{test}^i, Y_{test}^i)\}$, де $i = 1, 2, \dots, n_{test}$.

3. Вибір та навчання моделі:

3.1. Вибрати модель, яка описує залежність між вхідними ознаками X та відповідним значенням попиту Y . Нехай ця модель задана як $\hat{Y} = f(X; \theta)$, де θ – параметри моделі.

3.2. Використовуючи тренувальну вибірку здійснюється процес навчання моделі, який полягає у знаходженні оптимальних значень параметрів θ .

3.3. Мінімізується функція втрат (loss function), яка відображає різницю між прогнозованими значеннями \hat{Y} та фактичними значеннями Y . Це може бути, наприклад, середня квадратична помилка (Mean Squared Error) або інша відповідна функція втрат.

4. Оцінювання моделі:

4.1. Після навчання моделі оцінюється її точність на тестувальній вибірці.

4.2. Використовуються метрики оцінки, такі як середня квадратична помилка (Mean Squared Error), середня абсолютна помилка (Mean Absolute Error) або інші відповідні метрики, щоб порівняти прогнозовані значення \hat{Y} з фактичними значеннями Y .

4.3. Оцінюється універсальність моделі, її здатність адаптуватися до нових наборів даних.

5. Налаштування та покращення моделі:

5.1. Виконується налаштування моделі за допомогою вибору оптимальних гіперпараметрів, які впливають на процес навчання та універсальність моделі.

5.2. Використовуються методи крос-валідації для оцінювання моделі з різними наборами гіперпараметрів та вибору найкращих значень.

5.3. Застосовуються методи регуляризації (L1-регуляризація (Lasso) або L2-регуляризація (Ridge)) для уникнення перенавчання та поліпшення загальної універсальності моделі.

6. Прогнозування попиту:

6.1. Навчені та скориговані моделі використовуються для оцінювання попиту на нові дані, які не були використані під час навчання.

6.2. Вхідні ознаки X для нових даних передаються в модель, так отримується прогнозоване значення попиту \hat{Y} .

Варіанти реалізації цих кроків можуть залежати від використаної мови програмування та бібліотек машинного навчання:

– Python з використанням бібліотеки scikit-learn: Використовуйте scikit-learn для попередньої обробки даних, розділення даних, вибору та навчання моделі лінійної регресії. Модель може бути налаштована, а також можуть бути застосовані інші моделі та методи машинного навчання [30];

– R з використанням бібліотеки caret: Використовуйте бібліотеку caret для навчання моделі лінійної регресії, включно з попередньою обробкою даних, розділенням даних, оцінюванням моделі та налаштуванням гіперпараметрів [31];

– TensorFlow або PyTorch для глибинного навчання: якщо у вас є багато даних та комплекс залежностей, можна розглянути використання нейронних мереж з використанням фреймворків TensorFlow або PyTorch. Ці фреймворки надають різноманітні можливості для побудови, навчання та налаштування нейронних мереж для прогнозування попиту [32];

– Microsoft Azure або Amazon AWS: якщо у вас є доступ до хмарних платформ, таких як Microsoft Azure або Amazon AWS, ви можете використовувати їхні інструменти для машинного навчання, такі як Azure Machine Learning або Amazon SageMaker. Ці платформи надають інтегровані середовища для розроблення, навчання та використання моделей машинного навчання [33].

Незалежно від вибраного варіанту важливо мати чіткий план кожного кроку, правильно обробляти дані, налаштовувати та оцінювати модель, а також використовувати валідацію і тестування для оцінювання точності та універсальності моделі.

На основі відповідних наборів статистичних даних (доступних у Національному статистичному управлінні) оцінюється можливий вплив запропонованої моделі прогнозування попиту (на основі алгоритмів глибокого машинного навчання штучного інтелекту) на ключові параметри транспортного сектору в Україні. Методологічна основа ґрунтується на доступних статистичних даних за декаду 2010–2020 рр. (рис. 1 та 2).

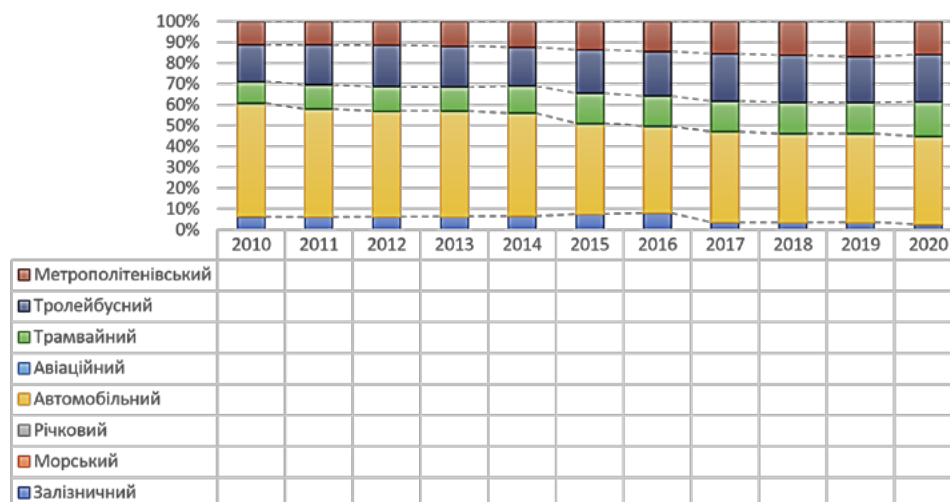


Рис. 1. Структура досліджуваного статистичного масиву даних функціонування транспортної галузі України за показником кількості перевезених пасажирів (в мільйонах пасажирів на рік)

Джерело: створено автором за даними Держстату

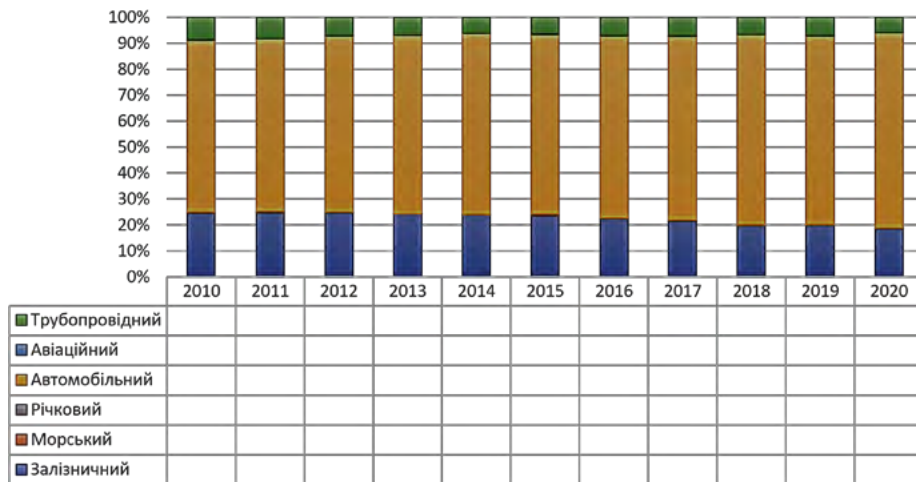


Рис. 2. Структура досліджуваного статистичного масиву даних функціонування транспортної галузі України за показником кількості перевезених вантажів (в мільйонах тон на рік)

Джерело: створено автором за даними Держстату

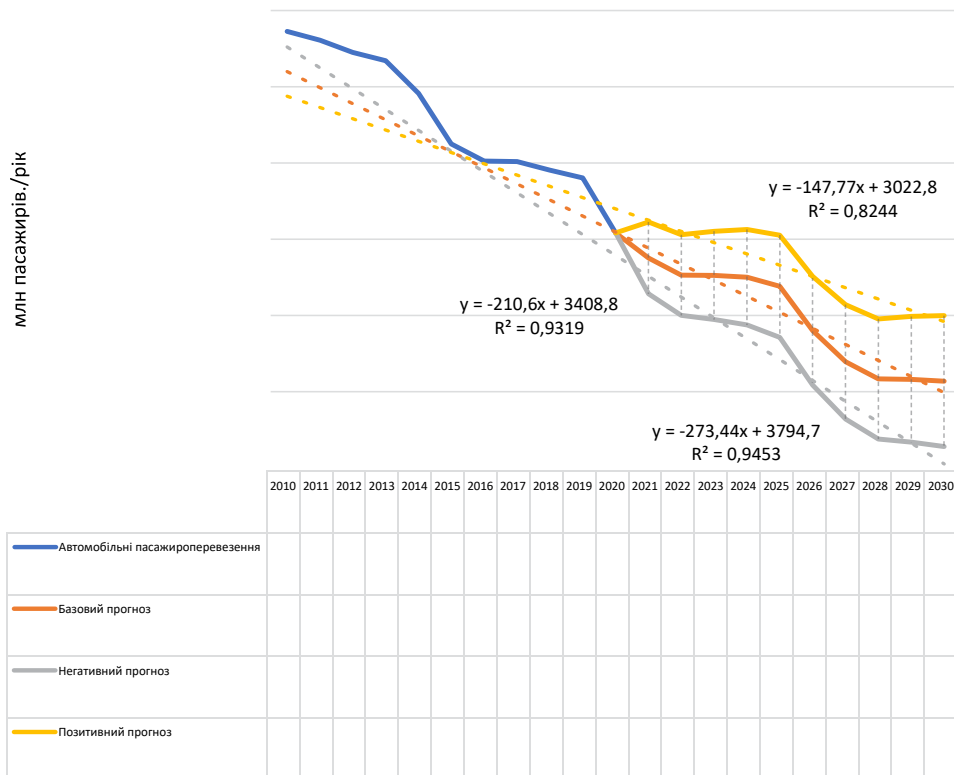


Рис. 3. Прогноз ймовірного впливу імплементації системного рішення з інтеграції штучного інтелекту для задоволення попиту в організації пасажироперевезень в автомобільному секторі транспортно-логістичної галузі України

Джерело: створено автором за даними Держстату

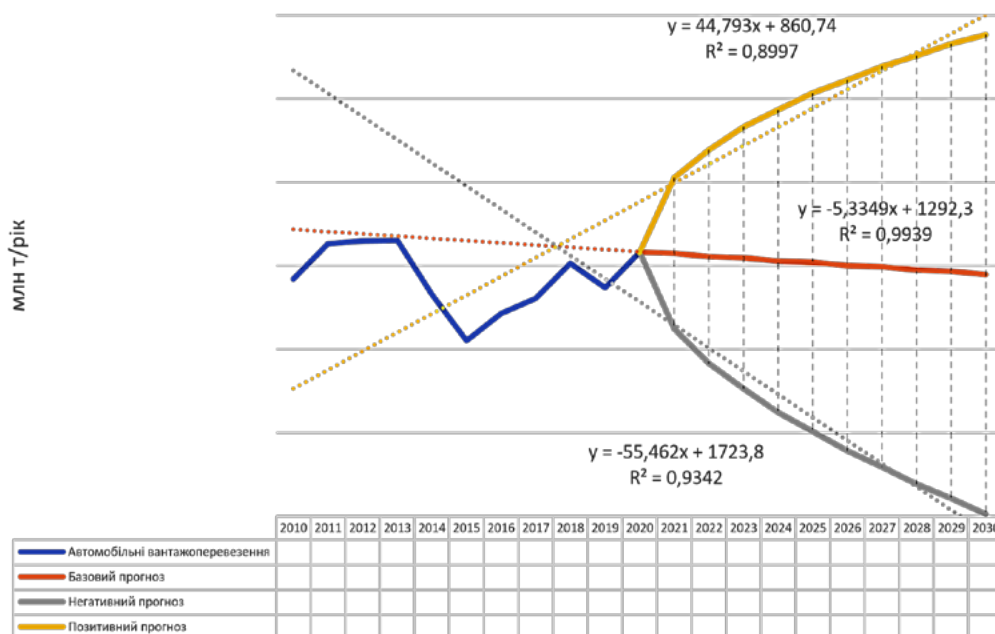


Рис. 4. Прогноз ймовірного впливу імплементації системного рішення з інтеграції штучного інтелекту для задоволення попиту в організації вантажоперевезень в автомобільному секторі транспортно-логістичної галузі України
Джерело: створено автором за даними Держстату

Як свідчить аналіз відповідних статистичних рядів Державної служби статистики (рис. 1 та 2), транспортний сектор в Україні протягом досліджуваного періоду перебував у стані рецесії. Цей чинник є обґрунтуванням для проведення дослідження в обраному векторі дослідження, включно з методологією оптимізації, вплив якої оцінюється в цьому дослідженні. Також встановлено, що провідним сектором української транспортно-логістичної галузі є автомобільний транспорт. Зважаючи на встановлений факт, доцільно оцінити вплив запропонованої моделі прогнозування попиту на пасажирські та транспортні перевезення у разі застосування у якості системного рішення з організації пасажиро- та вантажопотоків за допомогою штучного інтелекту (рис. 3 та 4).

Результати статистичного прогнозу ймовірного впливу інструментів штучного інтелекту у якості системного рішення для задоволення попиту пасажиро- та вантажоперевезень в автомобільному секторі транспортно-логістичної галузі України дають змогу зробити такі припущення:

Запропоноване системне рішення (на базі наданої моделі організаційно-технологічного прогнозу з імплементації штучного інтелекту) ймовірно матиме можливість сповільнити рецесію в досліджуваній сфері.

Прогнозування вантажоперевезень є більш точним (за відповідним коефіцієнтом достовірності апроксимації), порівняно з аналогічними даними для пасажироперевезень, що пояснюється багатofакторністю явища організації транспортування пасажирів і потребує більш складної математичної моделі.

Застосування організаційної схеми функціонування транспортнологістичної схеми на базі штучного інтелекту матиме прямі економічні наслідки:

Покращення планування ресурсів: модель прогнозування на основі штучного інтелекту дає змогу передбачати попит на пасажирські та вантажні перевезення з високою точністю. Це допомагає транспортним компаніям та органам управління з плануванням ресурсів, таких як транспортні засоби, робоча сила, паливо та інші матеріальні ресурси. Вони можуть підготуватися до змін попиту, оптимізувати маршрути та розподіл ресурсів, що призводить до зниження витрат і підвищення ефективності.

Оптимізація транспортної інфраструктури: застосування штучного інтелекту для прогнозування попиту може допомогти в розробленні стратегій розвитку та оптимізації транспортної інфраструктури. Модель може ідентифікувати потенційні зони зростання попиту та визначити необхідність розширення або модернізації наявних транспортних вузлів, магістралей та інших інфраструктурних об'єктів.

Покращення безпеки та зменшення ризиків: штучний інтелект може допомогти виявляти паттерни та прогнозувати ризики в транспортній галузі, такі як аварії, перевантаження, затори, несправності транспортних засобів тощо. Це дає змогу оперативно реагувати на потенційні проблеми, вживати заходів безпеки та зменшувати ризики для пасажирів, вантажу та персоналу.

Покращення якості обслуговування. Прогнозування попиту на пасажирські та вантажні перевезення допомагає підвищити якість обслуговування. Транспортні компанії можуть адаптувати свої послуги до очікувань клієнтів, забезпечити своєчасність та доступність перевезень, а також вдосконалити сервіс та комфорт у пасажирських транспортних засобах.

3.5. Екологічна сталість. Використання штучного інтелекту для прогнозування попиту може сприяти екологічній сталості в транспортній галузі. Оптимізація маршрутів та ресурсів допомагає знизити викиди шкідливих речовин, покращити енергоефективність транспортних засобів та використання палива, а також сприяє впровадженню екологічних технологій і ініціатив.

4. Загалом, розроблена модель прогнозування на базі штучного інтелекту має потенціал змінити транспортну галузь України, сприяючи покращенню планування, оптимізації ресурсів, підвищенню ефективності, зменшенню ризиків та покращенню якості обслуговування. Прогнозування попиту може стати важливим інструментом для прийняття рішень і підтримки стратегічного розвитку транспортної галузі.

Висновки. За результатами дослідження встановлена потенційна можливість до технологічно-економічної оптимізації сучасної транспортнологістичної галузі України через імплементацію системних організаційних рішень на базі штучного інтелекту, зокрема для прогнозування та задоволення попиту пасажиро- та вантажоперевезень. Запропонована модель та інструменти впровадження засобів штучного інтелекту, що базуються на технологіях глибокого машинного навчання. Виконане прогнозно-статистичне оцінювання ймовірного впливу системних рішень з інтеграції штучного інтелекту в досліджувану галузь економічної діяльності України, результати якої вказують на позитивні зрушення в транспортній сфері, зокрема на ймовірну можливість зупинити тривалий період рецесії. Результати

дослідження мають практичні наслідки в частині формування механізмів та відповідних організаційно-технологічних рішень з впровадженням в економіко-технологічних простір України новітніх технологій четвертої хвилі індустріального розвитку та глобальної цифровізації. Подальші дослідження спрямовані на удосконалення прогнозно-оптимізаційних моделей, зокрема для встановлення більш точної моделі прогнозування попиту на пасажирські перевезення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Gerardo Muros Anguita J., Díaz Olariaga O. Air cargo transport demand forecasting using ConvLSTM2D, an artificial neural network architecture approach. *Case studies on transport policy*. 2023. P. 101009. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2023.101009> (date of access: 08.07.2023).
2. Ficzer P. The role of artificial intelligence in the development of railway transportation. *Design of machines and structures*. 2023. Vol. 13, no. 1. P. 67–73. URL: <https://doi.org/10.32972/dms.2023.005> (date of access: 08.07.2023).
3. Bharadiya J. Artificial intelligence in transportation systems A critical review. *American journal of computing and engineering*. 2023. Vol. 6, no. 1. P. 34–45. URL: <https://doi.org/10.47672/ajce.1487> (date of access: 08.07.2023).
4. Golinska-Dawson P., Sethanan K. Sustainable urban freight for energyefficient smart cities–systematic literature review. *Energies*. 2023. Vol. 16, no. 6. P. 2617. URL: <https://doi.org/10.3390/en16062617> (date of access: 08.07.2023).
5. Applications of artificial intelligence in transport: an overview / R. Abduljabbar et al. *Sustainability*. 2019. Vol. 11, no. 1. P. 189. URL: <https://doi.org/10.3390/su11010189> (date of access: 08.07.2023).
6. Gui-E S., Jian-Guo S. Artificial intelligence-based optimal control method for energy saving in food supply chain logistics transportation. *2020 IEEE international conference on industrial application of artificial intelligence (IAAI)*, Harbin, China, 25–27 December 2020. 2020. URL: <https://doi.org/10.1109/iaai51705.2020.9332849> (date of access: 08.07.2023).
7. Tselentis D. I., Papadimitriou E., van Gelder P. The usefulness of artificial intelligence for safety assessment of different transport modes. *Accident analysis & prevention*. 2023. Vol. 186. P. 107034. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107034> (date of access: 08.07.2023).
8. Artificial intelligence techniques for driving safety and vehicle crash prediction / Z. Halim et al. *Artificial intelligence review*. 2016. Vol. 46, no. 3. P. 351–387. URL: <https://doi.org/10.1007/s10462-016-9467-9> (date of access: 08.07.2023).
9. IoT-Based Non-Intrusive Automated Driver Drowsiness Monitoring Framework for Logistics and Public Transport Applications to Enhance Road Safety. M. A. Khan et al. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11, P. 14385–14397. URL: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3244008> (date of access: 08.07.2023).

10. Babayigit B., Gürbüz F., Denizhan B. Logistics performance index estimating with artificial intelligence. *International journal of shipping and transport logistics*. 2023. Vol. 16, no. 3/4. P. 360. URL: <https://doi.org/10.1504/ijstl.2023.129876> (date of access: 08.07.2023).
11. Fog robotics-based intelligence transportation system using line-of-sight intelligent transportation / E. Poornima et al. *Multimedia tools and applications*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15086-6> (date of access: 08.07.2023).
12. Vehicle artificial intelligence system based on intelligent image analysis and 5G network / B. Liu et al. *International journal of wireless information networks*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1007/s10776-021-00535-6> (date of access: 08.07.2023).
13. Mulongo N. Y., Mnkandla E., Kanakana-Katumba G. Artificial intelligence as key driver for competitiveness in the railway industry: review. *2021 62nd international scientific conference on information technology and management science of riga technical university (ITMS)*, Riga, Latvia, 14–15 October 2021. 2021. URL: <https://doi.org/10.1109/itms52826.2021.9615314> (date of access: 08.07.2023).
14. Harnessing artificial intelligence for business competitiveness in achieving sustainable development goals / A. Senadjki et al. *Journal of Asia-Pacific Business*. 2023. P. 1–21. URL: <https://doi.org/10.1080/10599231.2023.2220603> (date of access: 08.07.2023).
15. Ulnicane I. Emerging technology for economic competitiveness or societal challenges? Framing purpose in Artificial Intelligence policy. *Global public policy and governance*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s43508-022-000498> (date of access: 08.07.2023).
16. Kolodiichuk V., Cherevko H., Popivniak R. Quality assessment of transit potential of the transport–logistics system of ukraine. *Global business review*. 2020. P. 097215092090700. URL: <https://doi.org/10.1177/0972150920907008> (date of access: 08.07.2023).
17. Dyczkowska J. A., Reshetnikova O. Logistics centers in ukraine: analysis of the logistics center in lviv. *Energies*. 2022. Vol. 15, no. 21. P. 7975. URL: <https://doi.org/10.3390/en15217975> (date of access: 08.07.2023).
18. Liashenko V., Ivanov S., Trushkina N. A conceptual approach to forming a transport and logistics cluster as a component of the region’s innovative infrastructure (on the example of prydniprovsky economic region of ukraine). *Virtual economics*. 2021. Vol. 4, no. 1. P. 19–53. URL: [https://doi.org/10.34021/ve.2021.04.01\(2\)](https://doi.org/10.34021/ve.2021.04.01(2)) (date of access: 08.07.2023).
19. Boukerche A., Tao Y., Sun P. Artificial intelligence-based vehicular traffic flow prediction methods for supporting intelligent transportation systems. *Computer networks*. 2020. Vol. 182. P. 107484. URL: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107484> (date of access: 08.07.2023).
20. Future urban transport management / Z. Gao et al. *Frontiers of engineering management*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s42524-023-02553> (date of access: 08.07.2023).

21. A Physics-informed road user safety field theory for traffic safety assessments applying artificial intelligence-based video analytics / A. Arun et al. *Analytic Methods in Accident Research*. 2023. P. 100252. URL: <https://doi.org/10.1016/j.amar.2022.100252> (date of access: 08.07.2023).
22. Zachariah R. A., Sharma S., Kumar V. Systematic review of passenger demand forecasting in aviation industry. *Multimedia tools and applications*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15552-1> (date of access: 08.07.2023).
23. A data analytics framework for reliable bus arrival time prediction using artificial neural networks / E. Hassannayebi et al. *International journal of data science and analytics*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s41060-023-00391y> (date of access: 08.07.2023).
24. Railway freight demand forecasting based on multiple factors: grey relational analysis and deep autoencoder neural networks / C. Liu et al. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, no. 12. P. 9652. URL: <https://doi.org/10.3390/su15129652> (date of access: 08.07.2023).
25. Machine learning applied to public transportation by bus: a systematic literature review / T. Alexandre et al. *Transportation research record: journal of the transportation research board*. 2023. P. 036119812311551. URL: <https://doi.org/10.1177/03611981231155189> (date of access: 08.07.2023).
26. Machine learning for air transport planning and management / G. Wild et al. *AIAA AVIATION 2022 forum*, Chicago, IL & Virtual. Reston, Virginia, 2022. URL: <https://doi.org/10.2514/6.2022-3706> (date of access: 08.07.2023).
27. Workforce optimisation for improving customer experience in urban transportation using heuristic mathematical model / J. Chen et al. *International journal of shipping and transport logistics*. 2021. Vol. 13, no. 5. P. 538. URL: <https://doi.org/10.1504/ijstl.2021.117278> (date of access: 08.07.2023).
28. Forecasting the international air passengers of Iran using an artificial neural network / F. Nourzadeh et al. *International journal of industrial and systems engineering*. 2020. Vol. 34, no. 4. P. 562. URL: <https://doi.org/10.1504/ijise.2020.106089> (date of access: 08.07.2023).
29. Traffic flow modelling of long and short trucks using a hybrid artificial neural network optimized by particle swarm optimization / I. Oyeyemi Olayode et al. *International journal of transportation science and technology*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2023.04.004> (date of access: 08.07.2023).
30. Hu Y.-C. Air passenger flow forecasting using nonadditive forecast combination with grey prediction. *Journal of air transport management*. 2023. Vol. 112. P. 102439. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102439> (date of access: 08.07.2023).
31. Saiyad G., Srivastava M., Rathva D. Exploring determinants of feeder mode choice behavior using Artificial Neural Network: Evidences from Delhi metro. *Physica A: statistical mechanics and its applications*. 2022. P. 127363. URL: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.127363> (date of access: 08.07.2023).

32. Heghedus C., Chakravorty A., Rong C. Neural network frameworks. comparison on public transportation prediction. *2019 IEEE international parallel and distributed processing symposium workshops (IPDPSW)*, Rio de Janeiro, Brazil, 20–24 May 2019. 2019. URL: <https://doi.org/10.1109/ipdpsw.2019.00138> (date of access: 08.07.2023).
33. Nigam R., Govinda K. Cloud based flight delay prediction using logistic regression. *2017 international conference on intelligent sustainable systems (ICISS)*, Palladam, 7–8 December 2017. 2017. URL: <https://doi.org/10.1109/iss1.2017.8389254> (date of access: 08.07.2023).

REFERENCES

1. Anguita, J. G. M., & Olariaga, O. D. (2023). Air cargo transport demand forecasting using ConvLSTM2D, an artificial neural network architecture approach. *Case Studies on Transport Policy*, 12, 101009. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2023.101009>.
2. Ficzer, P. (2023). The role of artificial intelligence in the development of railway transportation. *Design of machines and structures*, 13(1), 67-73. <https://doi.org/10.32972/dms.2023.005>.
3. Bharadiya, J. (2023). Artificial Intelligence in Transportation Systems A Critical Review. *American Journal of Computing and Engineering*, 6(1), 34-45. <https://doi.org/10.47672/ajce.1487>.
4. Golinska-Dawson, P., & Sethanan, K. (2023). Sustainable urban freight for energy-efficient smart cities– systematic literature review. *Energies*, 16(6), 2617. <https://doi.org/10.3390/en16062617>.
5. Abduljabbar, R., Dia, H., Liyanage, S., & Bagloee, S.A. (2019). Applications of artificial intelligence in transport: An overview. *Sustainability*, 11(1), 189. <https://doi.org/10.3390/su11010189>.
6. Gui-e, S., & Jian-Guo, S. (2020, December). Artificial Intelligence-Based Optimal Control Method for Energy Saving in Food Supply Chain Logistics Transportation. In *2020 IEEE International Conference on Industrial Application of Artificial Intelligence (IAAI)* (pp. 33-38). IEEE. <https://doi.org/10.1109/iaai51705.2020.9332849>.
7. Tselentis, D. I., Papadimitriou, E., & van Gelder, P. (2023). The usefulness of artificial intelligence for safety assessment of different transport modes. *Accident Analysis & Prevention*, 186, 107034. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107034>.
8. Halim, Z., Kalsoom, R., Bashir, S., & Abbas, G. (2016). Artificial intelligence techniques for driving safety and vehicle crash prediction. *Artificial Intelligence Review*, 46, 351-387. <https://doi.org/10.1007/s10462-016-9467-9>.
9. Khan, M. A., Nawaz, T., Khan, U. S., Hamza, A., & Rashid, N. (2023). IoT-Based Non-Intrusive Automated Driver Drowsiness Monitoring Framework for Logistics and Public Transport Applications to Enhance Road Safety. *IEEE Access*, 11, 14385-14397. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3244008>.
10. Babayigit, B., Gürbüz, F., & Denizhan, B. (2023). Logistics performance index estimating with artificial intelligence. *International Journal*

- of Shipping and Transport Logistics*, 16(3-4), 360-371. <https://doi.org/10.1504/IJSTL.2023.129876>.
11. Poornima, E., Muthu, B., Agrawal, R., Kumar, S. P., Dhingra, M., Asaad, R. R., & Jumani, A. K. (2023). Fog robotics-based intelligence transportation system using line-of-sight intelligent transportation. *Multimedia Tools and Applications*, 1-29. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15086-6>.
 12. Liu, B., Han, C., Liu, X., & Li, W. (2023). Vehicle artificial intelligence system based on intelligent image analysis and 5G network. *International Journal of Wireless Information Networks*, 30(1), 86-102. <https://doi.org/10.1007/s10776021-00535-6>.
 13. Mulongo, N. Y., Mnkandla, E., & Kanakana-Katumba, G. (2021, October). Artificial Intelligence as Key Driver for Competitiveness in the Railway Industry. In *2021 62nd International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS)* (pp. 16). IEEE. <https://doi.org/10.1109/itms52826.2021.9615314>.
 14. Senadjki, A., Ogbeibu, S., Mohd, S., Hui Nee, A. Y., & Awal, I. M. (2023). Harnessing Artificial Intelligence for Business Competitiveness in Achieving Sustainable Development Goals. *Journal of Asia-Pacific Business*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/10599231.2023.2220603>.
 15. Ulnicane, I. (2022). Emerging technology for economic competitiveness or societal challenges? Framing purpose in Artificial Intelligence policy. *Global Public Policy and Governance*, 2(3), 326-345. <https://doi.org/10.1007/s43508-02200049-8>.
 16. Kolodiichuk, V., Cherevko, H., & Popivniak, R. (2020). Quality Assessment of Transit Potential of the Transport–Logistics System of Ukraine. *Global Business Review*, 24(1), 171-184. <https://doi.org/10.1177/0972150920907008>.
 17. Dyczkowska, J. A., & Reshetnikova, O. (2022). Logistics Centers in Ukraine: Analysis of the Logistics Center in Lviv. *Energies*, 15(21), 7975. <https://doi.org/10.3390/en15217975>.
 18. Liashenko, V., Ivanov, S., & Trushkina, N. (2021). A Conceptual Approach to Forming a Transport and Logistics Cluster as a Component of the Region's Innovative Infrastructure (on the Example of Prydniprovsky Economic Region of Ukraine). *Virtual Economics*, 4(1), 19-53. [https://doi.org/10.34021/ve.2021.04.01\(2\)](https://doi.org/10.34021/ve.2021.04.01(2)).
 19. Boukerche, A., Tao, Y., & Sun, P. (2020). Artificial intelligence-based vehicular traffic flow prediction methods for supporting intelligent transportation systems. *Computer networks*, 182, 107484. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107484>.
 20. Gao, Z., Huang, H. J., Guo, J., Yang, L., & Wu, J. (2023). Future urban transport management. *Frontiers of Engineering Management*, 1-6. <https://doi.org/10.1007/s42524-023-0255-3>.
 21. Arun, A., Haque, M. M., Washington, S., & Mannering, F. (2023). A physics-informed road user safety field theory for traffic safety assessments applying artificial intelligence-based video analytics. *Analytic methods in accident research*, 37, 100252. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2022.100252>.

22. Zachariah, R. A., Sharma, S., & Kumar, V. (2023). Systematic review of passenger demand forecasting in aviation industry. *Multimedia Tools and Applications*, 1-37. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15552-1>.
23. Hassannayebi, E., Farjad, A., Azadnia, A., Javidi, M., & Chunduri, R. (2023). A data analytics framework for reliable bus arrival time prediction using artificial neural networks. *International Journal of Data Science and Analytics*, 1-20. <https://doi.org/10.1007/s41060-023-00391-y>.
24. Liu, C., Zhang, J., Luo, X., Yang, Y., & Hu, C. (2023). Railway Freight Demand Forecasting Based on Multiple Factors: Grey Relational Analysis and Deep Autoencoder Neural Networks. *Sustainability*, 15(12), 9652. <https://doi.org/10.3390/su15129652>.
25. Alexandre, T., Bernardini, F., Viterbo, J., & Pantoja, C. E. (2023). Machine Learning Applied to Public Transportation by Bus: A Systematic Literature Review. *Transportation Research Record*, 03611981231155189. <https://doi.org/10.1177/03611981231155189>.
26. Wild, G., Baxter, G., Srisaeng, P., & Richardson, S. (2022). Machine learning for air transport planning and management. In *AIAA AVIATION 2022 Forum* (p. 3706). <https://doi.org/10.2514/6.2022-3706>.
27. Chen, J., Shi, W., Wang, X., Pandian, S., & Sathishkumar, V. E. (2021). Workforce optimisation for improving customer experience in urban transportation using heuristic mathematical model. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 13(5), 538-553. <https://doi.org/10.1504/IJSTL.2021.117278>.
28. Nourzadeh, F., Ebrahimnejad, S., Khalili-Damghani, K., & Hafezalkotob, A. (2020). Forecasting the international air passengers of Iran using an artificial neural network. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 34(4), 562-581. <https://doi.org/10.1504/IJISE.2020.106089>.
29. Olayode, I. O., Du, B., Tartibu, L. K., & Alex, F. J. (2023). Traffic flow modelling of long and short trucks using a hybrid artificial neural network optimized by particle swarm optimization. *International Journal of Transportation Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2023.04.004>.
30. Hu, Y. C. (2023). Air passenger flow forecasting using nonadditive forecast combination with grey prediction. *Journal of Air Transport Management*, 112, 102439. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102439>.
31. Saiyad, G., Srivastava, M., & Rathwa, D. (2022). Exploring determinants of feeder mode choice behavior using Artificial Neural Network: Evidences from Delhi metro. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 598, 127363. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.127363>.
32. Heghedus, C., Chakravorty, A., & Rong, C. (2019, May). Neural network frameworks. comparison on public transportation prediction. In *2019 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops (IPDPSW)* (pp. 842-849). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ipdpsw.2019.00138>.
33. Nigam, R., & Govinda, K. (2017, December). Cloud based flight delay prediction using logistic regression. In *2017 International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)* (pp. 662-667). IEEE. <https://doi.org/10.1109/iss1.2017.8389254>.