

УДК 338.3:005.334

**Козенков Дмитро Євгенович**  
*кандидат економічних наук, професор,  
завідувач кафедри управління та адміністрування  
Інститут промислових та бізнес технологій  
Українського державного університету науки і технологій*  
**Kozenkov Dmytro**  
*PhD in Economics, Professor,  
Head of the Department of Management and Administration  
Institute of Industrial and Business Technologies of  
Ukrainian State University of Science and Technologies*  
ORCID: 0000-0001-5432-0155

**Каут Ольга Вікторівна**  
*кандидат економічних наук,  
доцент кафедри управління та адміністрування  
Інститут промислових та бізнес технологій  
Українського державного університету науки і технологій*  
**Kaut Olga**  
*PhD in Economics, Associate Professor of the  
Department of Management and Administration  
Institute of Industrial and Business Technologies of  
Ukrainian State University of Science and Technologies*  
ORCID: 0000-0003-4126-4961

DOI: 10.25313/2520-2294-2024-3-9749

## ЛОГІСТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ РИЗИКІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

## LOGISTICS APPROACH TO THE ASSESSMENT OF THE RISKS OF A METALLURGICAL ENTERPRISE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

**Анотація.** Вступ. Останнім часом у вітчизняній і закордонній практиці стала популярною логістична концепція управління промисловим підприємством. Потреба у використанні логістики на підприємствах пов'язана із еволюцією процесу управління та особливостями виробничих процесів промислових підприємств. Особливої актуальності це набуває в умовах кризи, коли промислове підприємство повинно так організувати свою діяльність, щоб мінімізувати ризики, збитки та витрати, що пов'язано з процесами виробництва, обслуговування, транспортування. Застосування штучного інтелекту цими сферами – питання актуальне, але неоднозначне.

Використання штучного інтелекту з метою мінімізації ризиків функціонування підприємств України набуває особливого значення в сучасних умовах. Відповідно до суспільних очікувань, воєнний стан має в перспективі перейти в повоєнний період, що робить актуальною вже зараз потребу в коригуванні підходів до управління ризиками. Особливо це стосується підприємств, що переорієнтовуються на воєнні рейки.

**Мета.** Метою дослідження є розкриття концептуальних підходів до інтеграції штучного інтелекту в управління ризиками мікрологістичної системи металургійного підприємства

**Матеріали і методи.** Матеріалами дослідження є положення економічної теорії, наукові праці вітчизняних і зарубіжних учених щодо питань управління ризиками, оцінці технічних ризиків і їх впливу на результати роботи підприємств, аналізу і прогнозування можливих збитків.

В процесі здійснення дослідження було використано наступні наукові методи: експертних оцінок, нечіткої логіки, теоретичного узагальнення та групування (для оцінки ризиків і їх впливу на економічні наслідки, а також визначення виділення різних факторів ризику, ризикових подій та економічних наслідків а також для групування методів оцінки ризиків за певними ознаками.

Результати. Потреба у використанні логістики на підприємствах пов'язана із еволюцією процесу управління та особливостями виробничих процесів промислових підприємств. Актуальною проблемою є узгодження інформації між учасниками логістичних ланцюжків. Не завжди можна перекопати в якості і достовірності отриманої інформації. Часто інформація має суб'єктивний характер і залежить від особистого сприйняття співробітника. Концепція виштовхуючої логістики (а саме така використовується переважно більшістю металургійних підприємств), заснована на визначенні потреби клієнта в логістичних послугах і максимально швидкому їх задоволенню відповідно до своїх можливостей. Спеціалізовані інформаційні системи для спостереження за ситуацією на ринку, які дозволяють самостійно сканувати інформаційні ресурси конкурентів, зможуть обробляти отриману інформацію в автоматичному режимі і здатні до само-навчання, зможуть працювати з нечіткими вхідними даними і дозволять як мінімум отримати інформаційну підтримку при прийнятті управлінні. максимум – автоматизувати ухвалення рішень.

Система управління ризиками на металургійних підприємствах, що формується на основі логістичного підходу, орієнтована на інтеграцію політики управління ризиками в усіх виробничих ланках від одиничних об'єктів ризиків до мікрологістичної системи в цілому з оцінкою та прогнозуванням можливих збитків за всіма елементами логістичного ланцюга. До розвитку системи управління ризиками мікрологістичної системи веде застосування інтелектуальних інформаційних систем.

В логістиці всі інформаційні повідомлення, що передаються горизонтальними зв'язками, упаковуються в дискретні інформаційні повідомлення, що складаються з двох блоків. У службовому блоці повідомлення передаються дані, необхідні маршрутизації та управління потоками, розрахунку вагових коефіцієнтів потоку (і навіть об'єкта чи параметра), дані подальшого навчання нейронної мережі тощо.

Доведено, що застосування штучного інтелекту дозволить використовувати власні ретроспективні дані для навчання нейронної мережі, яка забезпечуватиме інформаційні повідомлення відповідними метаданими, необхідними для формування параметрів логістичних потоків та вироблення способів усунення логістичних бар'єрів тощо.

Перспективи. В подальших наукових дослідженнях пропонується зосередити увагу на порядку впровадження штучного інтелекту в систему моніторингу ризиків промислового підприємства, а також розробки відповідної методики їх аналізу. Це надасть змогу покращити методику та організацію управління ризиками промислового підприємства.

**Ключові слова:** мікрологістична система, ризик, штучний інтелект, металургійне підприємство.

**Summary.** Introduction. Recently, the logistics concept of managing an industrial enterprise has become popular in domestic and foreign practice. The need to use logistics at enterprises is related to the evolution of the management process and the peculiarities of the production processes of industrial enterprises. This becomes especially relevant in times of crisis, when an industrial enterprise must organize its activities in such a way as to minimize risks, losses and costs associated with the processes of production, service, and transportation. The use of artificial intelligence in these areas is a relevant but ambiguous issue.

The use of artificial intelligence in order to minimize the risks of the functioning of Ukrainian enterprises acquires special importance in modern conditions. According to public expectations, the state of war has the prospect of transitioning into the post-war period, which makes the need to adjust approaches to risk management urgent now. This is especially true of enterprises reorienting themselves to military lines.

Purpose. The purpose of the study is to reveal conceptual approaches to the construction of accounting and analysis of employee remuneration, to develop a typology of such costs and their identification in accounting objects from the standpoint of forms of remuneration and relationships in the process of enterprise activity. types of activities delimiting accounting and analytical procedures at the level of a business entity.

Materials and methods. The materials of the study are the provisions of economic theory, scientific works of domestic and foreign scientists on risk management issues, assessment of technical risks and their impact on the results of enterprises, analysis and forecasting of possible losses.

In the process of carrying out the research, the following scientific methods were used: expert assessments, fuzzy logic, theoretical generalization and grouping (for assessing risks and their impact on economic consequences, as well as determining the allocation of various risk factors, risk events and economic consequences, as well as for grouping assessment methods risks according to certain characteristics).

Results. The need to use logistics at enterprises is related to the evolution of the management process and the peculiarities of the production processes of industrial enterprises. An urgent problem is the coordination of information between participants in logistics chains. It is not always possible to be sure of the quality and reliability of the information received. Information is often subjective in nature and depends on the employee's personal perception. The concept of push logistics (which is used by the vast majority of metallurgical enterprises) is based on determining the client's need for logistics services and satisfying them as quickly as possible in accordance with their capabilities. Specialized information systems for monitoring the situation on the market, which allow you to independently scan the information resources of competitors, will be able to process the received

information in an automatic mode and are capable of self-learning, will be able to work with vague input data and will allow at least receiving informational support when accepting management. at most – to automate decision-making.

The risk management system at metallurgical enterprises, which is formed on the basis of a logistics approach, is focused on the integration of the risk management policy in all production links, from individual risk objects to the micro-logistics system as a whole, with the assessment and forecasting of possible losses for all elements of the logistics chain. The use of intelligent information systems leads to the development of the risk management system of the micrologistics system.

In logistics, all information messages transmitted by horizontal communications are packed into discrete information messages consisting of two blocks. In the service block of the message, data necessary for routing and flow management, calculation of flow weights (and even an object or parameter), data for further training of the neural network, etc. are transferred.

It has been proven that the application of artificial intelligence will allow the use of own retrospective data for training a neural network, which will provide informational messages with the appropriate metadata necessary for the formation of parameters of logistics flows and the development of ways to eliminate logistical barriers, etc.

Discussion. In further scientific research, it is proposed to focus attention on the procedure for introducing artificial intelligence into the risk monitoring system of an industrial enterprise, as well as the development of an appropriate methodology for their analysis. This will provide an opportunity to improve the methodology and organization of risk management of an industrial enterprise.

**Key words:** micrologistic system, risk, artificial intelligence, metallurgical enterprise.

**Постановка проблеми.** Особливості логістичної системи металургійного підприємства зумовлені: наявністю потужних вантажопотоків масових і до того ж масивних вантажів (залізна й марганцева руда, агломерат, металевий брухт, вапняк, кам'яне вугілля, вогнетриви, зливки, прокат); великими потоками специфічних вантажів; значними відстанями перевезень; різноманіттям використовуваних видів транспорту (типи рухомого складу та вантажного автотранспорту); розкиданістю й більшою кількістю цехів і складів (кілька десятків), що характеризуються наявністю різних підйомно-транспортних пристроїв і допоміжного обладнання для обробки та переміщення тарноштучних і сипучих вантажів. Система управління ризиками на металургійних підприємствах, що формується на основі логістичного підходу, орієнтована на інтеграцію політики управління ризиками в усіх виробничих ланках від одиничних об'єктів ризиків до мікрологістичної системи в цілому з оцінкою та прогнозуванням можливих збитків за всіма елементами логістичного ланцюга.

До розвитку системи управління ризиками мікрологістичної системи веде застосування інтелектуальних інформаційних систем. Адаптивні технології в даний час набули досить широкого поширення, і логістика також не залишилася осторонь. У технологічні та логістичні процеси активно впроваджуються інноваційні рішення. В даний час у логістиці активно застосовується технологія штрихового, магнітного та 3D-кодування товарів, автоматичне внесення інформації до інформаційної системи, відстеження статусів замовлень, геолокація транспорту, контейнерів тощо. Система статусів дозволить своєчасно відслідковувати зміни у русі матеріальних потоків, виробляти план реагування на непередбачені ситуації та виконувати автоматичне прогнозування на основі нечітких моделей та алгоритмів штучного інтелекту.

Цілком логічно припустити, що формування та розвиток методології адаптивно-інтегрованої логістики відбуватиметься на основі впровадження нових функцій та алгоритмів у корпоративні інформаційні системи, що підвищить якість бізнес-процесів організацій загалом, а також дозволить досягти наскрізного управління потоковими процесами металургійного підприємства. Ефективність функціонування підприємств при цьому збільшуватиметься. Це зумовлено скороченням часу прийняття рішень, зростанням швидкості обробки великих даних, моніторингом інформаційних масивів у режимі онлайн. Крім того, оптимальне вирішення завдань забезпечення закупівель, виробництва, складських операцій зберігає своє призначення, але механізми та функції піддаються безперервним змінам для підвищення їх ефективності (зниження витрат, підвищення якості процесів, скорочення термінів тощо) і зменшенню ризиків мікрологістичної системи підприємства. Основним засобом підвищення ефективності є цифровізація найвитратніших логістичних процесів.

Сучасні логістичні інформаційні системи мають досить великий набір функцій, але що більше вимог висувається до інтеграційних процесів, тим складнішими стають моделі і тим складніше стає здійснювати інтеграцію логістичних операторів через сильних відмінностей у технологіях логістичного забезпечення. Актуальною проблемою є узгодження інформації між учасниками логістичних ланцюжків. Не завжди можна переконатися в якості і достовірності отриманої інформації. Часто інформація має суб'єктивний характер і залежить від особистого сприйняття співробітника.

В умовах цифровізації економіки дана проблема є вкрай актуальною для підвищення ефективності логістичної діяльності. Логістика неминуче трансформуватиметься під впливом зовнішніх факторів, що вимагатиме застосування наукового підходу та

розробки методології застосування штучного інтелекту. Проте інформаційні системи досі все ще не забезпечують підтримку оперативного та своєчасного автоматизованого реагування на різні зміни кон'юнктури ринку, а також не реалізують глобальну інтеграцію всіх рівнів управлінської структури, на основі яких могла бути реалізована підтримка прийняття рішення в режимі реального часу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженню питань удосконалення діяльності промислового підприємства на основі логістичної концепції та інструментів логістичного управління присвячено багато наукових праць: Д. Бауерсокс [2], М. Василевський [9], М. Бодрецький [10], З. Герасимчук [11], В. Железняк [12] та багато інших.

Впровадження системи управління ризиками металургійного підприємства як мікрологістичної системи потребує використання моніторингу і вдосконалення бази даних за підсистемами виробництва та обслуговування підприємства і створення бази знань, що дозволить оцінювати ризики взаємопов'язаних виробничих та сервісних потоків а також прогнозувати наслідки і оптимізувати витрати на заходи щодо врегулювання збитків при настанні ризикової події.

**Метою статті** є розкриття концептуальних підходів до інтеграції штучного інтелекту в управління ризиками мікрологістичної системи металургійного підприємства

**Матеріали і методи.** Матеріалами дослідження є положення економічної теорії, наукові праці вітчизняних і зарубіжних учених щодо питань управління ризиками, оцінці технічних ризиків і їх впливу на результати роботи підприємств, аналізу і прогнозування можливих збитків.

В процесі здійснення дослідження було використано наступні наукові методи: теоретичного узагальнення та групування (для оцінки ризиків і їх впливу на економічні наслідки, а також визначення виділення різних факторів ризику, ризикових подій та економічних наслідків а також для групування методів оцінки ризиків за певними ознаками.

**Виклад основного матеріалу.** Концепція виштовхуючої логістики (а саме така використовується переважно більшістю металургійних підприємств), заснована на визначенні потреби клієнта в логістичних послугах і максимально швидкому їх задоволенню відповідно до своїх можливостей. Спеціалізовані інформаційні системи для спостереження за ситуацією на ринку, які дозволяють самостійно сканувати інформаційні ресурси конкурентів, зможуть обробляти отриману інформацію в автоматичному режимі і здатні до самонавчання, зможуть працювати з нечіткими вхідними даними і дозволять як мінімум отримати інформаційну підтримку при прийнятті управлінні. максимум — автоматизувати ухвалення рішень. Подібний функціонал відсутній у сучасних інформаційних

системах, але є вкрай затребуваним, оскільки однією з основних проблем сучасних інформаційних технологій є інформаційне навантаження користувачів. Інформація надходить з різних каналів і користувачеві доводиться фільтрувати її отримання, через що швидко настає стомлюваність і людина з більшою ймовірністю здатна зробити помилку.

Впровадження інструментів штучного інтелекту в логістику передбачає об'єднання процесів провайдер послуг, клієнта та постачальника в єдиний інформаційний простір, при якому можлива як централізована модель управління процесами, коли одна з інформаційних систем є головною, так і децентралізована модель, при якій управління процесами здійснюється незалежно один від одного, а інформаційні системи учасників логістичних взаємин регулярно обмінюються інформацією між собою.

Алгоритми, побудовані на основі методів штучного інтелекту, здатні вивести провайдер послуг із рівня масового обслуговування на рівень персоналізованого (але при цьому автоматизованого) надання послуг та автоматизованого прийняття рішень під час інтеграції інформаційних систем.

Розширення блоку метаданих додатковими атрибутами дозволить їх основі здійснювати регулювання інформаційними потоками. При цьому інформаційні модулі зможуть самостійно маршрутизувати, класифікувати інформаційні повідомлення, а також використовувати їх для підтримки прийняття рішень або автоматичного управління процесами.

При надходженні інформаційного повідомлення в інформаційну систему спеціалізовані метадані можуть бути відсутніми, тоді запускаються спеціальні інтелектуальні алгоритми збагачення даних для постачання блоків відсутніми метаданими. Однозначне трактування повідомлення не допускає подвійності тлумачення. Для автоматизації такі повідомлення кращі, але насправді зустрічаються набагато рідше. Приклади нечітких повідомлень: надійний постачальник, швидка доставка, ризик збитку і т.д. Для опису нечітких значень теорії нечітких множин використовується спеціальна функція приналежності, що дозволяє встановити ступінь приналежності, а також лінгвістичні змінні для їх опису та класифікації.

Сучасна інтегрована логістика ґрунтується на SCOR-моделі управління ланцюгами постачання (Supply Chain Operations Reference model), які дозволяють об'єднувати різні за природою інформаційні системи в єдиний інтегрований ланцюг постачання та організувати управління бізнес-процесами за уніфікованими правилами. У цьому відбувається освіту як єдиного інформаційного простору, а й єдиного простору бізнес-функцій.

Розвиток інтелектуальних технологій та впровадження їх у різні бізнес-процеси дозволяє додати «розумну» складову під час виконання бізнес-процесів у віртуальному просторі. Віртуалізація

логістичного простору — це не просто об'єднання інформаційних ресурсів різних учасників логістичного ринку в єдиний інформаційний простір, але це також консолідація логістичних потоків у віртуальних логістичних центрах (VLC), які виконують функції координації логістичних потоків та підтримки фрахтування різного транспорту.

Однак організація взаємодії споживачів логістичних послуг із провайдером на практиці досить часто виявляється без адаптивного зворотного зв'язку, що погіршує параметричні показники: швидкість доставки товару, час реагування на збої в ланцюзі постачання. В реальних умовах адаптивний зворотний зв'язок додає можливість автоматичного перебудови інформаційних потоків таким чином, щоб забезпечити в онлайн-режимі реагування на будь-які зміни інформаційного середовища єдиного інформаційного простору, які транслюватимуться на стейкхолдерів.

Інтеграція процесів логістичного ланцюга, згідно з концепцією SCM, передбачає об'єднання мінімум трьох учасників: розглянута компанія, постачальник і споживач цієї фірми, яка дозволяє виконувати координацію бізнес-процесів, операцій та різних функцій з метою мінімізації внутрішніх витрат кожного учасника логістичних взаємин. При цьому кожен з учасників робить певний внесок у функціонування глобального логістичного ланцюга. Збій у будь-якого учасника викликає збій у всьому ланцюзі.

Заключним етапом стане отримання системи, що самоадаптується, яка в автоматичному режимі безперервно аналізує вхідні параметри компланарних потоків, виробляє оптимальні параметри для наступної ітерації і зберігає їх у блоках метаданих самих інформаційних повідомлень. На основі цих метаданих будуються нові залежності для коригування бізнес-процесів усіх учасників логістичного ланцюга, яких торкнуться цих змін.

Сучасні інформаційні системи (ERP, CRM, SCM, PLM та ін) містять вертикальні зворотні зв'язки, які дозволяють управляти бізнес-процесами в рамках одного підприємства, але цього явно недостатньо для автоматичного проектування інтегрованих ланцюгів поставок. Подібний функціонал можна продати тільки за наявності горизонтальних зворотних зв'язків. При цьому кожне підприємство продовжить роботу з використанням вертикальних зв'язків, але для кожного рівня з'явиться горизонтальний зв'язок.

При цьому вертикальні зв'язки в інформаційних системах забезпечуються відповідно до принципу PDCA, а логістичні потоки на основі процесів Планування, Постачання, Виробництво, Доставка, Поворотні потоки, відповідно до описової моделі процесів у ланцюгу постачання SCOR.

У результаті виходить досить заплутана «павутина» зв'язків, вигляд якої вже на цьому етапі на-

гадує нейронну мережу зі структурою пошарових зв'язків «кожен-з-кожним». Для того щоб у цьому скупченні фірм вдалося вибудувати глобальні ланцюги поставок при вхідних даних, що постійно змінюються, необхідна якісна автоматизація якомога більшої кількості бізнес-процесів. Оскільки центром даної ланцюга поставок є фірма-клієнт логістичного провайдера, а центром управління всього ланцюга поставок є інформаційна система самого логістичного провайдера, то застосовуватися ця схема може до будь-якого підприємства простим усуненням двох центрів: центральної ланки ланцюга та центру управління ланцюгом поставок. При цьому всі принципи та алгоритми маршрутизації потоків збережуться.

В адаптивно-інтегрованій логістиці всі інформаційні повідомлення, що передаються горизонтальними зв'язками, упаковуються в дискретні інформаційні повідомлення, що складаються з двох блоків. У службовому блоці повідомлення передаються дані, необхідні маршрутизації та управління потоками, розрахунку вагових коефіцієнтів потоку (і навіть об'єкта чи параметра), дані подальшого навчання нейронної мережі тощо.

Інформаційні повідомлення надходять в інформаційну систему в безперервному режимі та накопичуються у сховищі даних для подальшої обробки. Із загального обсягу повідомлень, що надходять, вибираються тільки ті, які мають відношення до поставленого завдання.

Застосування штучного інтелекту дозволить використовувати власні ретроспективні дані для навчання нейронної мережі, яка забезпечуватиме інформаційні повідомлення відповідними метаданими, необхідними для формування параметрів логістичних потоків та вироблення способів усунення логістичних бар'єрів тощо. За допомогою цієї технології можна виконувати прогноз розвитку подій на основі сценаріїв «що-якщо» та формувати такі умови, за яких ефективність виконання бізнес-процесів буде максимальною, а прогнози сприятливими. Також штучний інтелект здатний здобувати знання із «сирих» даних більш ефективно порівняно з людиною, здатний синхронізувати бізнес-процеси всіх учасників логістичного ланцюга. Збором інформації із зовнішніх джерел займаються спеціалізовані програмні модулі — парсери, які передають зібрані дані до іншого модуля — агрегатора. При об'єднанні агрегаторів з різних інформаційних систем за допомогою програмних інтерфейсів через шлюзи можна об'єднувати різні пули та забезпечувати логістичних провайдерів необхідною інформацією, що дозволить підвищити конкурентоспроможність підприємства та його стійкість до впливу різних зовнішніх та внутрішніх впливів.

Для прогнозування випадкових подій найкраще підходить теорія ланцюгів Маркова. Подія може

вважатися марківською, якщо перехід у новий стан залежить тільки від поточного стану, і не залежить від попереднього. Будь-який процес практично завжди можна звести до марковського, наприклад, укладання угоди. Якщо в минулому угода відбулася, то це практично ніяк не впливає, чи буде укладено нову угоду (або оформлене замовлення) у майбутньому. Для оформлення угоди характерним є дискретний характер подій, тобто зміна станів відбувається в деякі випадкові моменти часу.

Для великої кількості станів ланцюг Маркова може виявитися неприйнятним, оскільки суттєво зростає обсяг обчислень. Отже, необхідно скористатися методом динаміки середніх, який також має природу марківських ланцюгів чи імітаційним моделюванням.

З урахуванням теорії випадкових процесів можна виконувати передбачення поведінки системи кілька кроків уперед, у якій її поточний стан залежить від попереднього.

Специфіка металургійного підприємства потребує ретельного відбору різних критеріїв при ухваленні рішення, які мають прийматись досить оперативно та всебічно обґрунтовано. При побудові моделі не завжди вдається точно визначити її параметри, оскільки на момент побудови моделі може бути відсутня частина параметрів, ще частина може бути виражена в нечіткій формі, щось може змінитися безпосередньо під час укладання контракту, але, незважаючи на ці обставини, рішення приймати все-таки треба. Для скорочення впливу невизначеностей та усунення ситуацій, коли управлінське рішення може ухвалюватися на основі інтуїції, необхідно процес моделювання управління ризиками забезпечити відповідною інформаційною підтримкою на основі спеціалізованого математичного апарату. Мета — це підвищення ефективності управління процесами та утримання угод у прибутковій зоні. Завдання ускладнюється ще й тим, що має виконуватися багаторазово, але за одним алгоритмом та з різними вхідними даними, що є передумовою для її автоматизації.

Наприклад, експертами встановлені шість критеріїв, що є суттєвими для оцінки задоволеності виконавцем, але не всі з них мають можливості бути оціненими кількісно: репутація; рівень менеджменту; кваліфікація обслуговуючого персоналу; а також вартість і рівень технічного ризику. Показники технічного ризику необхідні як фактор оцінки надійності обслуговуючого устаткування (механізми, станки, транспортні засоби і т.ін.) при виборі виконавця послуг з ремонту та технічного обслуговування.

Сформовано такі характеристики відбору можливих виконавців ремонтних робіт, тобто визначені параметри моделі:

d1: «Якщо вартість послуг прийнятна й виконавець має позитивну репутацію на ринку послуг, то він — задовольняє вимогам»;

d2: «Якщо виконавець крім вищеписаних вимог має високий рівень якості менеджменту, то він — більш ніж задовольняє вимогам»;

d3: «Якщо він додатково до умов d2 має допустимий рівень технічного ризику та має кваліфікований обслуговуючий персонал, то він — бездоганний»;

d4: «Якщо він має все обговорене в d3, критичний рівень технічного ризику, то він — задовольняє вимоги, але не є бездоганним»;

d5: «Якщо вартість послуг прийнятна, має високий рівень якості менеджменту та допустимий рівень технічного ризику, але не має позитивної репутації, він скоріше задовольняє, ніж не задовольняє вимоги»;

d6: «Якщо вартість послуг не прийнятна, рівень якості менеджменту незадовільний, то він — не задовольняє вимогам».

Для формулювання правил визначено можливі значення лінгвістичних змінних  $X_i$  та  $Y$ , що будуть використовуватися для оцінки виконавців ремонтних робіт (табл. 1).

d1: «Якщо  $X_1 =$  ПРИЙНЯТНА  $X_2 =$  ПОЗИТИВНА, і  $X_3 =$  ВИСОКА, то  $Y =$  ЗАДОВОЛЬНЯЄ»;

d2: «Якщо  $X_1 =$  ПРИЙНЯТНА й  $X_2 =$  ПОЗИТИВНА, і  $X_3 =$  ВИСОКА, і  $X_4 =$  ДОСТАТНІЙ, то  $Y =$  БІЛЬШ НІЖ ЗАДОВОЛЬНЯЄ»;

d3: «Якщо  $X_1 =$  ПРИЙНЯТНА й  $X_2 =$  ПОЗИТИВНА, і  $X_3 =$  ВИСОКА, і  $X_4 =$  ДОСТАТНІЙ, і  $X_5 =$  ДОПУСТИМИЙ, то  $Y =$  БЕЗДОГАННИЙ»;

d4: «Якщо  $X_1 =$  ПРИЙНЯТНА й  $X_2 =$  ПОЗИТИВНА, і  $X_3 =$  ВИСОКА, і  $X_5 =$  ДОПУСТИМИЙ, то  $Y =$  ДУЖЕ ЗАДОВОЛЬНЯЄ»;

d5: «Якщо  $X_1 =$  ПРИЙНЯТНА й  $X_2 =$  НЕГАТИВНА, і  $X_3 =$  ВИСОКИЙ,  $X_5 =$  ДОПУСТИМИЙ, то  $Y =$  ЗАДОВОЛЬНЯЄ»;

d6: «Якщо  $X_1 =$  НЕ ПРИЙНЯТНА й  $X_3 =$  НИЗЬКИЙ, то  $Y =$  НЕ ЗАДОВОЛЬНЯЄ».

Змінна  $Y$  задана множенням  $j = \{0; 0, 1; 0, 2; \dots; 1\}$ . Значення змінної  $Y$  задано за допомогою наступних функцій приналежності:

$S =$  ЗАДОВОЛЬНЯЄ визначено як

$$\mu_S(x) = x, \quad x \in J$$

$MS =$  БІЛЬШ НІЖ ЗАДОВОЛЬНЯЄ — як

$$\mu_{MS}(x) = \sqrt{x}, \quad x \in J$$

$P =$  БЕЗДОГАННИЙ — як

$$\mu_P(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x = 1 \\ 0, & \text{if } x < 1 \end{cases}, \quad x \in J$$

$VS =$  ЗАДОВОЛЬНЯЄ ВИМОГИ, АЛЕ НЕ Є БЕЗДОГАННИМ — як  $\mu_{VS}(x) = x^2, \quad x \in J$

$US =$  НЕ ЗАДОВОЛЬНЯЄ — як

$$\mu_{US}(x) = 1 - x, \quad x \in J$$

Таблиця 1

**Значення лінгвістичних змінних Xі та Y, що будуть використовуватися для оцінки виконавців ремонтних робіт**

Змінна	Найменування змінної	Смислова характеристика
X1	Вартість	Прийнятна Неприйнятна (занадто висока)
X2	Репутація	Позитивна (високий рівень організованості, дотримання контрактів і графіків поставок за принципом «точно в строк», дотримання етики бізнесу і моральних принципів, забезпечення екологічної безпеки; ресурсозбереження та утилізації відходів) Негативна
X3	Якість менеджменту	Висока (дотримання інструкцій і стандартів, впровадження інформаційних технологій, застосування логістичного підходу) Низька
X4	Кваліфікація обслуговуючого персоналу	Достатня (професійна та комп'ютерна підготовка, перепідготовка, знання об'єктів, що обслуговуються, навички використання сучасних механізмів та інструментів) Недостатня
X5	Рівень технічного ризику	Допустимий Критичний
Y	Задовільність	ЗАДОВОЛЬНЯЄ БІЛЬШ НІЖ ЗАДОВОЛЬНЯЄ БЕЗДОГАННО ЗАДОВОЛЬНЯЄ ВИМОГИ, АЛЕ НЕ Є БЕЗДОГАННИМ НЕ ЗАДОВОЛЬНЯЄ

Вибір здійснюється з шістьох виконавців на множенні  $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6\}$

Оцінки виконавців задано наступною нечіткою множиною:

**ПРИЙНЯТНА** (вартість)

$$A = \{0,7 / u_1, 0,8 / u_2, 0,6 / u_3, 0,1 / u_4, 0,3 / u_5, 0,5 / u_6\};$$

**ПОЗИТИВНА** (репутація)

$$B = \{0,6 / u_1, 0,8 / u_2, 0 / u_3, 0,5 / u_4, 1 / u_5, 0,3 / u_6\};$$

**ВИСОКА** (якість менеджменту)

$$C = \{0,4 / u_1, 1 / u_2, 0,9 / u_3, 0,7 / u_4, 1 / u_5, 0,8 / u_6\};$$

**ДОСТАТНЯ** (кваліфікація обслуговуючого персоналу)

$$D = \{1 / u_1, 0,8 / u_2, 1 / u_3, 0,6 / u_4, 0 / u_5, 0,6 / u_6\};$$

**ДОПУСТИМИЙ** (рівень технічного ризику)

$$E = \{0,3 / u_1, 0,6 / u_2, 1 / u_3, 0,8 / u_4, 1 / u_5, 0,2 / u_6\}.$$

З урахуванням введених позначень правила d1...d6 набувають вигляд:

- d1: «Якщо X = A та B, та C, то Y = S»
- d2: «Якщо X = A та B, та C, то Y = MS»
- d3: «Якщо X = A та B, та C, то Y = P»
- d4: «Якщо X = A та B, та C, то Y = VS»
- d5: «Якщо X = та B, та C, то Y = S»
- d6: «Якщо X = A та B, та C, то Y = US»

Обчислимо функції приналежності  $\mu_{M_i}$  для лівих частин наведених правил:

для  $d_1 : \mu_{M_1}(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u));$

$$M_1 = \{0,4 / u_1, 0,8 / u_2, 0 / u_3, 0,1 / u_4, 0,3 / u_5, 0,3 / u_6\};$$

для  $d_2 : \mu_{M_2}(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_D(u));$

$$M_2 = \{0,4 / u_1, 0,8 / u_2, 0 / u_3, 0,1 / u_4, 0 / u_5, 0,3 / u_6\};$$

для

$$d_3 : \mu_{M_3}(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_D(u), \mu_E(u));$$

$$M_3 = \{0,3 / u_1, 0,6 / u_2, 0 / u_3, 0,1 / u_4, 0 / u_5, 0,2 / u_6\};$$

для  $d_4 : \mu_{M_4}(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_E(u));$

$$M_4 = \{0,3 / u_1, 0,6 / u_2, 0 / u_3, 0,1 / u_4, 0,3 / u_5, 0,2 / u_6\};$$

для  $d_5 : \mu_{M_5}(u) = \min(\mu_A(u), 1 - \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_E(u));$

$$M_5 = \{0,3 / u_1, 0,2 / u_2, 0,6 / u_3, 0,1 / u_4, 0 / u_5, 0,2 / u_6\};$$

для  $d_6 : \mu_{M_6}(u) = \min(1 - \mu_A(u), 1 - \mu_C(u));$

$$M_6 = \{0,3 / u_1, 0 / u_2, 0,1 / u_3, 0,3 / u_4, 0 / u_5, 0,2 / u_6\}.$$

Тепер правила можна записати у вигляді:

$d_1$ : якщо X =  $M_1$ , то Y = S;

$d_2$ : якщо X =  $M_2$ , то Y = S;

$d_3$ : якщо X =  $M_3$ , то Y = S;

$d_4$ : якщо X =  $M_4$ , то Y = S;

$d_5$ : якщо X =  $M_5$ , то Y = S;

$d_6$ : якщо X =  $M_6$ , то Y = S;

Використовуючи для перетворення правил «Якщо X = M, то Y = Q» імплікацію Лукасевича

$$\mu_D(u, j) = \min(1, 1 - \mu_M |u + \mu_Y(j)),$$

для кожної пари  $(u, j) \in U \times J$  отримуємо наступні нечіткі відношення на  $U \times J$ :

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1	1	1	1
$u_2$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1
$D_1 = u_3$		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$u_4$	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$u_5$	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1
$u_6$	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	0,6	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6
$u_2$	0,2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1,1	1,1	1,2
$D_2 = u_3$	1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2
$u_4$	0,9	1,2	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9
$u_5$	1	1,3	1,4	1,3	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2
$u_6$	0,7	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,7
$u_2$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,4
$D_3 = u_3$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
$u_4$	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9
$u_5$	1	1,3	1,4	1,3	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2
$u_6$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,8

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1	1	1,3	1,5	1,7
$u_2$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4
$D_4 = u_3$	1	1	1	1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2
$u_4$	0,9	0,9	0,9	1	1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9
$u_5$	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1	1,2	1,3	1,5	1,7
$u_6$	0,8	0,8	0,8	0,9	1	1	1	1,3	1,4	1,6	1,8

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
$u_2$	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$D_5 = u_3$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,8	1,4
$u_4$	0,9	1	1,1	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
$u_5$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
$u_6$	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8
$u_2$	1,9	1,8	1,7	0,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9
$D_6 = u_3$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1
$u_4$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_5$	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8
$u_6$	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9

У результаті перетину відносин  $D_1 \dots D_6$  отримуємо загальне функціональне рішення:

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
$u_2$	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,9
$D = u_3$	1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	1,7	0,8	0,9	1	1
$u_4$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_5$	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1	0,9	0,8
$u_6$	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9

Для обчислення задовільності кожної з альтернатив застосуємо правило композиційного введення в нечіткому середовищі за формулою 2:

$$E_k = G \times D, \quad (2)$$

де  $E_k$  — ступінь задоволення альтернативи  $k$ ;  $G_k$  — відображення альтернативи  $k$  до у вигляді нечіткої підмножини на  $U$ ;  $D$  — загальне функціональне рішення. Тоді:

$$\mu_{E_k}(i) = \max_{u \in U}(\min(\mu_{G_k}(u), \mu_{D_k}(u))), \quad (3)$$

Крім того, в цьому випадку

$$\mu_{G_k}(u) = 0, \quad u \neq u_k, \quad \mu_{G_k}(u) = 1, \quad u = u_k.$$

Звідси  $\mu_{E_k}(i) = \mu_D(u_k, i)$ . Іншими словами,  $E_k$  є  $k$ -й рядок у матриці  $D$ . Тепер застосуємо описану вище процедуру для порівняння нечітких підмножин в одиничному інтервалі для отримання найкращого рішення на основі точкових оцінок.

Для першої альтернативи обчислюємо рівневі множини  $E_{j\alpha}$  і потужність такої множини  $M(E_{j\alpha})$  за формулою 4.

$$M(E_{j\alpha}) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}, \quad (4)$$

$$E_1 = \{0,6/0;0,7/0,1;0,7/0,2;0,7/0,3;0,4/0,4;0,7/0,5;0,7/0,6;0,7/0,7;0,7/0,8;0,7/0,9;0,8/1\}$$

$$\text{для } 0 < \alpha < 0,4; d_{1.1} = 0,4$$

$$E_{1.1} = \{0;0,1;0,2;0,3;0,4;0,5;0,6;0,7;0,8;0,9;1\} = 0,5$$

$$\text{для } 0,4 < \alpha < 0,6; d_{1.2} = 0,2$$

$$E_{1.2} = \{0;0,1;0,2;0,3;0,5;0,6;0,7;0,8;0,9;1\} = 0,51$$

$$\text{для } 0,6 < \alpha < 0,7; d_{1.3} = 0,1$$

$$E_{1.3} = \{0,1;0,2;0,3;0,5;0,6;0,7;0,8;0,9;1\} = 0,64$$

$$\text{для } 0,7 < \alpha < 0,8; d_{1.4} = 0,1 \quad E_{1.4} = \{1\} = 1$$

Знаходимо точкову оцінку  $E_1$  за формулою 3.7

$$M(E_1) = \frac{1}{a_{\max}} \int_0^{a_{\max}} M(E_{1\alpha}) da = \frac{1}{1} \int_0^1 M(E_{1\alpha}) da, \quad (5)$$

$$M(E_1) = \frac{1}{a_{\max}} \int_0^{a_{\max}} M(E_{1\alpha}) da =$$

$$= \frac{1}{0,8} (0,4 \times 0,5 + 0,2 \times 0,5 + 0,1 \times 0,6 + 0,1 \times 0,1) = 0,58$$

Аналогічно знаходимо точкові оцінки для інших альтернатив:

- для другої альтернативи  $M(E_2) = 0,53$ ;
- для третьої альтернативи  $M(E_3) = 0,73$ ;
- для четвертої альтернативи  $M(E_4) = 0,77$ ;
- для п'ятої альтернативи  $M(E_5) = 0,55$ ;
- для шостої альтернативи  $M(E_6) = 0,56$ .

Найкращою альтернативою є четверта, тому що вона має найбільшу точкову оцінку. ПАТ «XXX-1» характеризується прийнятною ціною, позитивною репутацією, високим рівнем менеджменту кваліфікацією обслуговуючого персоналу, допустимим рівнем технічного ризику. Друге місце займає альтернатива  $u_3$  (ПАТ «XXX-2»), третє —  $u_1$  (ПАТ «XXX-3»), четверте —  $u_6$  (ПАТ «XXX-4»), а найгіршою з альтернатив є  $u_2$  (ПАТ «XXX-5»). Таким чином в плановому періоді основним виконавцем технічного ремонтного обслуговування підприємства обрано ПАТ «Будівельно-монтажне управління ПАТ «XXX-1».

Сучасне металургійне підприємство як мікрологістична система, стає дедалі турбулентнішим і ступінь невизначеності з кожним роком збільшується навіть у межах окремих контрактів. Нечітка методика дозволяє врахувати слабко вимірні параметри та утримати контракт у прибутковій зоні, що значно підвищить конкурентоспроможність, з одного боку, розширить арсенал управлінського інструментарію для бізнес-структур, з іншого.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Використовуючи аналітичні можливості штучного інтелекту та здатність обробляти величезні обсяги даних, організації можуть отримати більш глибоке уявлення про потенційні ризики, приймати обґрунтовані рішення та розробляти попереджувальні стратегії для ефективного зниження ризиків. Однак дуже важливо визнати, що штучний інтелект не є панацеєю і має використовуватися відповідально та етично. Досягнення балансу між автоматизацією, керованою інформаційної системи, та людським розумом має важливе значення для забезпечення прозорості, підзвітності та збереження етичних принципів у практиці управління ризиками. Таким чином поступово настає в логістиці нова епоха адаптивно-інтегрованої концепції, що зменшить ризики в умовах використання штучного інтелекту, підвищить інвестиційну привабливість і потягне за собою появу

нового типу логістичних провайдерів, процеси котрих будуть побудовані на адаптивних інтелектуальних технологіях.

В подальших наукових дослідженнях пропонується зосередити увагу на порядку впровадження

штучного інтелекту в систему моніторингу ризиків промислового підприємства, а також розробки відповідної методики їх аналізу. Це надасть змогу покращити методику та організацію управління ризиками промислового підприємства.

### Література

1. Гуменюк А.В., Гарматюк О.В. Формування та організація логістично-збутових систем для підприємств. *Прийзовський економічний вісник*. 2020. Вип. 3(20). С. 99–103.
2. Bowersox D.J., Closs D.J. *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. McGraw-Hill Education — Europe. New York, US, 1996.
3. Василевський М., Білик І., Дейнега О. Економіка логістичних систем: монографія. Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2018. С. 534–549.
4. Очеретенко С.В., Кудріна В.Ю. Використання знижок в логістичних системах підприємств. *Агросвіт*. 2021. № 7–8.
5. Ковальова М.Л. Логістичне управління: особливості та принципи. *Інтелект XXI*. 2019. № 5. С. 45–48. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/int\\_XXI\\_2019\\_5\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/int_XXI_2019_5_10) (дата звернення: 02.02.2024).
6. Трифонова О.В., Кравець О.Ю. Формування оптимальних логістичних систем у процесі стратегічного управління стійким розвитком підприємства. *Економічний простір*. 2019. № 142. С. 217–226.
7. Wallenburg C.M. Der differenzierte Einfluss unterschiedlicher Performance-Level auf die Kundenbindung bei Logistikdienstleistungen. *Zeitschrift fur Betriebswirtschaft. Forschungsperspektiven der betriebswirtschaftlichen Logistik*. 2008. № 4. Special Issue. P. 55–82.
8. Субботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечітко логічних і нейромережних моделей : монографія. Запоріжжя : ЗНТУ, 2009. 375 с.
9. Василевський М., Білик І., Дейнега О. Економіка логістичних систем : монографія. Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2018. С. 534–549.
10. Бодрецький М.В. Логістичне управління позиковим потенціалом підприємств: автореф. дис. ... канд. екон. наук. К., 2011. 20 с.
11. Герасимчук З.В., Циганюк Н.Є. До питання розробки концептуальних засад формування та розвитку логістичних систем. *Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Серія: Машинобудування та транспорт*. 2011. Вип. 122/2011. С. 175–179.
12. Железняк В.Ю. Логістичний підхід в управлінні матеріальними запасами на машинобудівному підприємстві: дис... канд. екон. наук: 08.06.01. Донбаська держ. машинобудівна академія. Краматорськ, 2005.

### References

1. Gumenyuk, A. V., & Harmatyuk, O. V. (2020). Formuvannia ta orhanizatsiia lohistrychno-zbutovykh system dlia pidpriumstv [Formation and organization of logistics and sales systems for agrobusiness enterprises]. *Pryazovskyi ekonomichnyi visnyk — Pryazovsky Economic Bulletin*, 3(20), 99–103 [in Ukrainian].
2. Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (1996). *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. McGraw-Hill Education — Europe. New York, US.
3. Vasylevskiy, M., Bilyk, I., Deinega, O., Krykavskiy, E., & Yakymyshyn, L. (2018). *Ekonomika lohistrychnykh system: monohrafiia* [Economics of logistics systems: a monograph]. Lviv: Lviv Polytechnic National University [in Ukrainian].
4. Ocheretenko, S. V., & Kudrina, V. Yu. (2021). *Vykorystannia znyzhok v lohistrychnykh systemakh pidpriumstvakh* [Use of discounts in logistics systems of enterprises]. *Ahrosvit — Agroworld*, 7–8 [in Ukrainian].
5. Kovaleva, M. L. (2019). *Lohistrychne upravlinnia: osoblyvosti ta pryntsypy* [Logistics management: features and principles]. *Intelekt XXI–Intelligence XXI*, 5, 45–48. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/int\\_XXI\\_2019\\_5\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/int_XXI_2019_5_10) [in Ukrainian].
6. Trifonova, O. V., & Kravets, O. Yu. (2019). *Formuvannia optymalnykh lohistrychnykh system u protsesi stratehichnoho upravlinnia stiikym rozvytkom pidpriumstva* [Formation of optimal logistics systems in the process of strategic management of sustainable development of the enterprise]. *Ekonomichnyi prostir — Economic space*, 142, 217–226 [in Ukrainian].
7. Wallenburg, C. M. (2008). *Der differenzierte Einfluss unterschiedlicher Performance-Level auf die Kundenbindung bei Logistikdienstleistungen*. *Zeitschrift fur Betriebswirtschaft. Forschungsperspektiven der betriebswirtschaftlichen Logistik*, 4, Special Issue, 55–82.
8. Subbotin, S. O., Oliinyk, A. O., & Oliinyk, O. O. (2009). *Neiteratyvni, evoliutsiini ta multyahentni metody syntezu nechitko lohichnykh i neiromerezhnykh modelei* [Non-iterative, evolutionary and multi-agent methods of synthesis of fuzzy logic and neural network models]. Zaporizhzhia: ZNTU [in Ukrainian].

9. Vasylevskiy, M., Bilyk, I., Deinega, O., Krykavskiy, E., & Yakymyshyn, L. (2018). *Ekonomika lohistychnykh system: monohrafiia* [Economics of logistics systems: a monograph]. Lviv: Lviv Polytechnic National University, 534–549 [in Ukrainian].
10. Bodretskiy, M. V. (2011). Lohistychne upravlinnia pozykovym potentsialom pidpriemstv [Logistics management of the loan potential of enterprises]. *Abstract of PhD dissertation*. Kyiv [in Ukrainian].
11. Herasymchuk, Z. V., & Tsyhaniuk, N. Ye. (2011). Do pytannia rozrobky kontseptualnykh zasad formuvannia ta rozvytku lohistychnykh system [To the issue of developing the conceptual foundations of the formation and development of logistics systems]. *Visnyk SevNTU: zb. nauk. pr. Serii: Mashynopryladobuduvannia ta transport*, 122, 175–179 [in Ukrainian].
12. Zhelezniak, V. Yu. (2005). Lohistychnyi pidkhid v upravlinni materialnymy zapasamy na mashynobudivnomu pidpriemstvi [Logistic approach in managing material stocks at a machine-building enterprise]. *PhD's Thesis*. Donbas'ka derzh. mashynobudivna akademiia. Kramators'k [in Ukrainian].