

Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 11.07.2019 № 975) [www. economy.nayka.com. ua](http://www.economy.nayka.com.ua) | № 3, 2020 | 26.03.2020 р.

DOI: [10.32702/2307-2105-2020.3.8](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.3.8)

УДК 004.8:65.01:658.8

В. В. Вітлінський,

*д. е. н., професор, професор кафедри економіко-математичного моделювання, ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана», м. Київ
ORCID: 0000-0002-3355-2579*

В. І. Скіцько,

*к. е. н., доцент, доцент кафедри економіко-математичного моделювання, ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана», м. Київ
ORCID: 0000-0002-6290-9194*

ГІБРИДИЗАЦІЯ АНАЛІТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ ЛОГІСТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

V. Vitlinskyi

Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of Economic and Mathematical Modeling Department, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

V. Skitsko

PhD in Economics, Docent, Associate Professor of Economic and Mathematical Modeling Department, Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

THE HYBRIDIZATION OF THE ANALYTICAL MODELS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LOGISTIC SYSTEMS MANAGEMENT

Дана стаття присвячена різним аспектам управління логістичними системами. Спираючись на низку джерел сформульовані наступні принципи та положення управління логістичними системами: системний підхід; принцип загальних витрат; принцип узгодженості; принцип синергії; принцип цифрових технологій; принцип цифрового відображення; принцип економіко-математичного моделювання; принцип єдиної корпоративної інформаційної системи; принцип виокремлення сукупності компонент логістичної системи, які забезпечують управління нею; принцип управління якістю; принцип гуманізації; принцип стійкості, гнучкості та адаптивності; принцип відкритості та автономності; принцип децентралізованого управління та горизонтальних зв'язків; кібернетичний принцип зворотних зв'язків. Авторами наголошується, що в умовах цифрової економіки набувають особливої актуальності принцип відкритості та автономності через те, що інформаційні межі стають між підприємствами розмитими, а чітке визначення меж логістичної системи певного підприємства стає утрудненим; принцип децентралізації управління та горизонтальних зв'язків через те, що в умовах цифрової економіки буде відбуватися перехід від лінійних зв'язків у ланцюгу постачання продукції до мережевої, а в межах підприємства будуть переважати горизонтальні зв'язки, а не вертикальні.

До принципів та положень моделювання в управлінні логістичними системами авторами запропоновано відносити наступне: максимальне повне відображення реально існуючих задач у вигляді формалізації для застосування певних методів та моделей; можливість адаптації існуючих методів та моделей до мінливих умов логістичних задач; повнота,

точність та достовірність вхідних даних; використання гібридних моделей або комплексу різних моделей для вирішення складних логістичних задач. Одними із перспективних напрямків у моделюванні логістичних систем є алгоритми колективного штучного інтелекту, когнітивні технології, мережі Петрі, нечіткі множини та нечітка логіка, нейронні мережі, а також залишається актуальною теорія черг (теорія масового обслуговування). У роботі описані можливі шляхи гібридизації аналітичних моделей та моделей колективного штучного інтелекту.

The paper is dedicated to different aspects of logistic systems management. Based on plenty of resources, the following principles and statements of the logistic systems management have been constructed: the systems approach; the principles of overall costs; the principle of consistency; the principle of synergy; the principle of information technologies; the principle of the digital reflection; the principle of mathematical modeling in economics; the principle of the single corporate information system; the principle of the extracting the components of the logistic system, which provide the management of it; the principle of the quality management; the principle of humanization; the principle of stability, flexibility, and adaptiveness; the principle of the openness and autonomy; the principle of decentralized management and horizontal connections; the cybernetic principle of the feedback. The authors note, that under conditions of the digital economy, the specific actuality attains the principle of openness and autonomy because of the information bounds between companies, which disappear, and the clear distinction between bounds of the particular company's logistics system becomes more elaborated; the principle of management decentralization and horizontal connections because of the fact, that in the digital economy the move from linear connections to the net connections in the supply chain will be made, and within the company the horizontal connections will prevail.

To principles and statements of modeling in management of the logistics systems, the authors proposed to attribute the following: the maximal complete reflection of the existing problems in formalized view for applying the methods and models; the possibility of adaptation of the existing methods and models to the changing conditions of the logistics problems; the fullness and accuracy of the input data; the use of hybrid models or combination of different models for solving difficult logistic problems. The perspective directions in the modeling of the logistic systems are the algorithms of the collective artificial intelligence, the cognitive technologies, the Petri net, fuzzy numbers, fuzzy logic, neural networks, and also the actual remains the queueing theory. In the paper, the existing ways of hybridization of the analytical models and the collective artificial intelligence are described.

Ключові слова: логістична система; управління; моделювання; колективний штучний інтелект.

Keywords: logistic system; management; modeling; the collective artificial intelligence.

Постановка проблеми.

Мінливість, невизначеність, конфліктність і породжений цим ризик – це поняття, які визначають умови функціонування бізнесу. Цьому сприяють і цифрові технології, які все масштабніше використовуються у різних сферах економіки; непередбачувані локальні та глобальні різного роду збурення (зміна клімату, стихійні лиха, пандемії тощо); учасники відносин у сфері господарювання, які можуть мати неузгоджені, суперечливі, власні цілі, певні потреби, які досить складно задовольняти тощо. Водночас, одним із основних ключових аспектів ведення бізнесу можна вважати взаємодію, яка проявляється, зокрема, у співпраці виробника з постачальниками сировини та представниками ритейлу; у «спілкуванні» представників ритейлу та виробників готової продукції з кінцевим споживачем, який здійснює покупки, його уподобаннями; в обміні споживачами інформацією стосовно використання товарів за допомогою соціальних мереж, форумів тощо. Внаслідок такої взаємодії між її учасниками формуються та нуртують різні потоки, зокрема, матеріальні, інформаційні, фінансові, управління якими відбувається в межах відповідних логістичних систем.

Логістичні системи утворюються на будь-якому економічному рівні, об'єднуючи відповідні компоненти (підсистеми, ланки, елементи). Вважають, що логістична система – це адаптивна система зі

зворотним зв'язком, яка виконує низку логістичних функцій та операцій, складається переважно з декількох підсистем і має доволі розвинуті зв'язки з зовнішнім середовищем [1, 2]. Ефективне функціонування логістичної системи передбачає, насамперед, досягнення основної мети логістики за допустимих витрат. Мета узгоджується з виконанням семи правил логістики «7R»: потрібна продукція, потрібна кількість, узгоджений час, узгоджене місце, узгоджена ціна, потрібна якість, потрібний споживач [3].

Досягнення основної мети логістики й, відповідно, виконання зазначених правил можливе за адекватного управління логістичною системою: виконання сукупності дій, зокрема, моніторинг та аналіз функціонування логістичної системи, прогнозування можливих сценаріїв розвитку системи, формування планів задля результатів функціонування логістичної системи на різний період тощо. Невід'ємною складовою такого управління є застосування сучасних адекватних економіко-математичних методів та моделей та інформаційних технологій.

Необхідно наголосити, що зростаюча складність задач у сфері логістики, вимоги до оперативності прийняття рішень та їх раціональності, точності зумовлюють і нові вимоги до методів та моделей, які використовуються для їх розв'язання. Тому й виникає потреба в розширенні, вдосконаленні моделей та методів, які вважаються «класикою» в управлінні логістичними системами, та розробленні абсолютного нових. Зокрема, розвиток наукової думки, обчислювальної потужності комп'ютерної техніки зумовив появу множини алгоритмів колективного штучного інтелекту, за допомогою яких можна вирішувати задачі різної складності за прийнятний час та достатньою точністю результату.

Це потребує системного підходу як до розуміння тенденцій розвитку сучасних логістичних систем різного економічного рівня, так і до управління ними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Існує досить велика кількість робіт, в яких досліджуються різні аспекти функціонування логістичних систем та управління ними. Зокрема, Григорак М.Ю. у своїй праці [4] досліджує проблему інтелектуалізації логістичної діяльності, закономірності становлення та розвитку ринку логістичних послуг, аспекти управління логістичними потоками. Різним аспектам ризик-менеджменту у логістичних системах присвячено роботи [5, 6]. Оцінювання ефективності функціонування логістичних систем досліджується автором роботи [7]. Значна кількість наукових праць присвячена одній із ключових задач у сфері логістики – транспортній задачі [8-12]. Зауважимо також, що набуває поширення багато індексна постановка транспортної задачі, яка дозволяє враховувати більше аспектів процесу транспортування порівняно з двома індексною постановкою. Окрім того, саме для вирішення таких задач перспективним є застосування алгоритмів колективного штучного інтелекту, зокрема, алгоритму рою часток [12]. Цікавою, з погляду системного аналізу, є робота [13], яка присвячена питанням управління логістичними системами в умовах невизначеності та зумовленого цим ризику. Застосування цифрових технологій є темою різних досліджень, насамперед зарубіжних авторів. Зокрема, одним із авторитетних досліджень є «Радар тенденцій у логістиці» [14], що періодично випускається компанією «DHL» та присвячений актуальним змінам та перспективам розвитку технологій у сфері логістики.

Водночас багато аспектів функціонування логістичних систем та управління ними потребують подальших досліджень, що зумовлено, зокрема, постійною мінливістю зовнішнього середовища, в якому функціонують логістичні системи, широким використанням цифрових технологій тощо. Окрім того, існує потреба в системних дослідженнях різних аспектів логістичних систем.

Мета статті полягає в аналізі, уточненні та розвитку існуючих засад управління логістичними системами, дослідженню використання економіко-математичних методів та моделей щодо вирішення логістичних задач та формування власної думки, поглядів щодо досліджуваних питань.

Виклад основного матеріалу.

Існують різні тлумачення терміну «логістична система». У роботі [15] сучасні визначення цього терміну представлено так: 1) логістична система як сукупність елементів; 2) логістична система як сукупність ланок; 3) логістична система як сукупність підсистем; 4) логістична система як система, що містить суб'єкт управління. Елементи, ланки, підсистеми є компонентами логістичної системи різного рівня декомпозиції.

На нашу думку, логістична система підприємства – це сукупність взаємопов'язаних логістичних підсистем, які відповідають функціональним підрозділам підприємства, дія яких спрямована на узгодження (координацію) руху логістичних потоків з метою збільшення доходів (прибутку) та зменшення витрат (збитків) підприємства [16]. Згідно теорії систем під логістичною системою підприємства можна розуміти спеціально організовану інтеграцію її складових частин (компонент) відповідного рівня декомпозиції в межах підприємства (як економічної системи) з метою ефективного управління процесами генерування, протікання та отримання логістичних потоків (сформульовано з використанням визначення, наведеного в [17]).

Зокрема, Іванова М.І. вважає, що управління логістичною системою підприємства функціонує як єдність об'єкта системи управління (логістичні потоки, фінансові та економічні відносини), суб'єкта системи управління (функціональні підрозділи підприємства) та зовнішнього середовища [15].

Система (або механізм) управління логістичною системою підприємства є сукупністю наукових методів та засобів, які впливають на протікання логістичних процесів логістичної системи, здійснюють їх регулювання, аналіз, удосконалення, моніторинг, прогнозування, планування та корегування руху логістичних потоків [18]. Такий механізм управління надає можливість чітко сформулювати завдання та мету створення логістичної системи та досліджень ефективності її функціонування за різними параметрами; використовувати сучасні економіко-математичні методи та моделі у процесах моніторингу, аналізу, оптимізації та прогнозування

логістичних процесів; розробити заходи управління логістичними потоками; врахувати зовнішні впливи та підвищити адаптивність логістичної системи підприємства [15].

Зазначимо, що доречно охарактеризувати логістичну систему як систему, що складається з таких компонент як: «вхід», «логістичний процес», «вихід» [19]. Також можна припустити, що функціонування такої системи полягає у генеруванні на основі вхідних параметрів вихідних параметрів із урахуванням зовнішніх впливів та чинників зворотного зв'язку [19]. Тобто, процес управління логістичною системою є процесом перетворення інформації зворотного зв'язку в інформацію управляючих впливів, що уможливує досягнення цілей функціонування логістичної системи [19].

До принципів та положень управління логістичними системами можна, зокрема, віднести наступне (доповнено автором, спираючись на [19, 21]):

1) системний підхід. Усі компоненти логістичної системи є взаємопов'язаними, діють взаємно та узгоджено з метою досягнення основної мети логістики;

2) принцип загальних витрат передбачає облік усіх витрат, пов'язаних з управлінням логістичною системою та її функціонуванням;

3) принцип узгодженості. Усі компоненти логістичної системи мають функціонувати узгоджено, координовано для досягнення не лише власних цілей, але й мети логістичної системи;

4) принцип синергії. Результати від взаємодії компонент логістичної системи мають бути більшими, ніж коли б вони діяли без взаємодії;

5) принцип застосування цифрових технологій. Управління логістичними системами передбачає широке використання різних цифрових технологій (зокрема, Великих Даних, Хмарних технологій тощо) з метою отримання та використання актуальних та достовірних даних для підвищення обґрунтованості управлінських рішень;

6) принцип цифрового відображення. Кожна компонента логістичної системи, що існує в реальності, може мати власне цифрове відображення у кіберпросторі, і між ними має бути однозначний взаємний зв'язок та відповідність;

7) принцип економіко-математичного моделювання. У процесах прийняття управлінських рішень, які пов'язані з вирішенням різних задач логістичної системи, використання сучасних економіко-математичних методів та моделей надає можливість підвищити їх обґрунтованість. Зокрема, значні результати можна досягти, використовуючи низку алгоритмів колективного штучного інтелекту;

8) принцип єдиної корпоративної інформаційної системи. Використання єдиної корпоративної інформаційної системи в управлінні логістичною системою здатне значно зменшити можливі помилки різного характеру, підвищити швидкість обміну даними та прийняття рішень;

9) принцип виокремлення сукупності компонент логістичної системи, що забезпечують управління нею з метою досягнення ефективного функціонування логістичної системи;

10) принцип управління якістю передбачає забезпечення надійності функціонування та високу якість виконання процесів усіма компонентами логістичної системи для забезпечення високої якості готової продукції та сервісу;

11) принцип гуманізації передбачає, що функціонування логістичної системи має відповідати екологічним вимогам щодо охорони довкілля, дотримуватись ергономічності, відповідати соціальним та етичним вимогам з боку працівників тощо;

12) принцип стійкості, урахування ризику, гнучкості та адаптивності. Стійкість підприємства як логістичної системи полягає у здатності зберігати фінансово-економічну стабільність в умовах мінливої ринкової кон'юнктури через удосконалення й оптимізацію поточкових процесів на основі методів логістичного управління [20]. У межах загальної стійкості логістичної системи виокремлюють ризикостійкість як її спроможність чинити опір негативному впливу ризиків. Адаптивність логістичної системи та управління нею передбачає постійне пристосування до мінливого зовнішнього середовища, зокрема, врахування змін у транспортній інфраструктурі, сполученні між населеними пунктами чи країнами тощо;

13) принципи відкритості та автономності. Функціонування логістичної системи підприємства передбачає обов'язкову взаємодію з зовнішнім середовищем (відкритість до деякої міри), водночас має зберігатись та дотримуватись певна автономність її функціонування. Цей принцип особливо набуває своєї актуальності в умовах концепції «Індустрія 4.0», коли інформаційні межі між підприємствами є по суті розмитими, а чітке визначення меж логістичної системи певного підприємства стає утрудненим;

14) принцип децентралізованого управління та горизонтальних зв'язків. Особливо актуальним цей принцип стає в умовах цифрової економіки, в контексті Індустрії 4.0, коли передбачається перехід від лінійних зв'язків у ланцюгу постачання продукції до мережевої, а в межах підприємства мають переважати горизонтальні зв'язки, а не вертикальні;

15) кібернетичний принцип зворотних зв'язків. Про це йшлося вище.

Ефективне управління логістичними системами передбачає використання комплексу економіко-математичних методів та моделей, які мають допомагати у вирішенні різноманітних логістичних задач за різних умов. Відомі методи та моделі на підґрунті інструментарію дослідження операцій, теорії черг, теорії масового обслуговування, теорії ігор, теорії ймовірностей, теорії прийняття рішень тощо. Водночас розвиваються наукові напрямки, зокрема, колективний штучний інтелект, когнітивні технології, які дедалі ширшого застосовуються для вирішення логістичних задач.

До принципів і положень моделювання в управлінні логістичними системами, на нашу думку, можна віднести, зокрема, наступне:

1) максимально повне відображення реально існуючих задач шляхом їх формалізації для застосування адекватних методів та моделей. Можливості сучасних засобів моделювання не завжди потребують зведення складних логістичних задач до простіших. Хоча потрібно дотримуватись балансу між складністю математичної моделі, можливістю отримати повною мірою необхідні дані, достовірністю та адекватністю даних, тривалістю процесу моделювання та своєчасного отримання результатів;

2) можливість адаптації існуючих методів та моделей до мінливих умов. Сучасні економіко-математичні методи та моделі мають легко адаптуватись, зокрема, до зміни кількості задач, кількості їх параметрів, повноти та достовірності параметрів;

3) повнота, точність та достовірність вхідних даних. Необхідно постійно контролювати достовірність вхідних даних, які використовуються моделлю на їх повноту, точність, адекватність, зміну періодичності їх отримання тощо;

4) використання гібридних моделей та методів або комплексу різних моделей та методів для вирішення складних логістичних задач. Зазначимо, що складність задач може бути такою, що не достатньо використання лише однієї моделі, а потрібна певна їх сукупність, які взаємодіючи вирішують певні підзадачі, а разом спроможні вирішити повністю усю задачу. Окрім того, добре зарекомендували себе моделі, які побудовані з використанням не лише інструментарію одного наукового напрямку моделювання, а двох чи кількох. Таке поєднання кількох інструментаріїв в одній моделі дозволяє підсилити їх переваги та згладити недоліки. Такі моделі можна називати модифікованими або гібридними.

На наш погляд, одним з перспективних напрямків у моделюванні логістичних систем є алгоритми колективного штучного інтелекту (зокрема, мурашиний алгоритм, алгоритм бджіл, алгоритм кажанів, штучна імунна система, метод рою часток), когнітивні технології, мережі Петрі, нечіткі множини та нечітка логіка, нейронні мережі, а також залишається актуальною теорія черг (теорія масового обслуговування).

Управління в логістичних системах містить також управління логістичними потоками, а тому використання відповідних моделей, побудованих на основі теорії черг є очевидним. Хоча не завжди умови, в яких протікають логістичні потоки, є чітко визначеними, також не завжди можна отримати кількісну оцінку того чи іншого параметру. В цьому випадку доцільно поєднати теорію черг з теорією нечітких множин та нечіткої логіки. Таке поєднання має свої переваги та свої недоліки. Зокрема, з одного боку застосування теорії нечітких множин не потребує наявності повних та чітких даних (тобто відпадає потреба у великому масиві статистичних вхідних даних), з іншого боку – отримані результати також не будуть повною мірою повними та чіткими, тобто існує певний ризик.

Відомі застосування у вирішенні логістичних задач нечітких мереж Петрі, в яких має місце нечіткість, зокрема, у визначенні початкового маркування, часових затримок маркерів в позиціях, часових затримок спрацьовування активних переходів.

Окрім того, доцільно застосовувати нечіткі множини й до алгоритмів колективного штучного інтелекту та когнітивних технологій в тих моментах, якщо однозначне визначення тих чи інших параметрів моделі потребує надто багато зусиль або взагалі їх не можливо оцінити однозначно.

Наголошуємо, що всі алгоритми колективного штучного інтелекту містять такі спільні фази свого функціонування [22]:

1) ініціалізація (створення) початкової популяції. У межах допустимих рішень певним чином обирається деяка кількість можливих рішень задачі (агентів), сукупність яких формує початкову популяцію;

2) міграція агентів популяції. У межах множини допустимих рішень агенти рухаються згідно правил певного алгоритму з метою наближення до глобального екстремуму цільової функції – оптимального рішення задачі. Під «рухом» агентів розуміють набуття нових значень ключових параметрів, які характеризують агентів. У результаті отримується сукупність нових агентів, які формують поточну популяцію, на наступній ітерації виконання алгоритму ця популяція буде змінена на іншу і т.д.;

3) завершення пошуку. У цій фазі відбувається перевірка критерію припинення виконання алгоритму. Якщо критерій виконується, то відбувається припинення дії алгоритму, і серед агентів популяції останньої ітерації виконання алгоритму знаходиться, за значенням фітнес-функції, найкраще рішення. Якщо критерій не виконується, то відбувається міграція агентів поточної популяції згідно другої фази.

На кожній із цих фаз можливе застосування інструментарію теорії нечітких множин та нечіткої логіки. Оскільки фази різних алгоритмів колективного штучного інтелекту є подібними, то можливе їх поєднання з метою покращання характеристик гібридної моделі. Зокрема, відома гібридна модель, в якій метод рою часток використовується для задання множини початкових можливих рішень задачі, а за допомогою мурашиного алгоритму здійснюється подальший пошук рішення [23]. Подібним чином доцільно створити гібридні моделі й з інших алгоритмів колективного штучного інтелекту. Зокрема, в гібридних моделях у першій фазі алгоритму можна взяти відповідну частину методу рою часток, а далі здійснюються фази штучної імунної системи чи методу кажанів. Окрім того, метод рою часток може бути використаний в інших алгоритмах колективного штучного інтелекту для збільшення необхідного різноманіття у популяції.

Висновки.

У даній статті нами досліджено сучасний стан управління логістичними системами, сформульовані, на підґрунті існуючих концептуальних підходів, принципи та положення щодо управління логістичними

системами, які, на відміну від існуючих, враховують нові тенденції розвитку логістичних систем, що зумовлені цифровою трансформацією економіки та суспільства. Також у роботі нами сформульовано принципи і положення щодо моделювання в управлінні логістичними системами, які відображають авторське бачення цієї проблеми.

У подальшому вбачаємо за доцільне зосередитися на дослідженнях ефективного поєднання різних алгоритмів колективного штучного інтелекту між собою, нечітких множин тощо для побудови гібридних моделей та їх використання для вирішення низки прикладних задач, які виникають у процесі управління логістичними системами.

Список використаних у статті джерел.

1. Економіка логістики: навч. посібник / Крикавський Є.В та ін. ; за ред. Є.В. Крикавського, О.А. Похильченко. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. 640 с.
2. Смирнов І.Г., Косарева Т.В. Транспортна логістика : навч. пос. Київ : Центр учбової літератури, 2008. 224 с.
3. Окландер М.А. Логістика: підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2008. 346с.
4. Григорак М.Ю. Інтелектуалізація ринку логістичних послуг: концепція, методологія, компетентність : монографія. Київ : Сік Груп Україна, 2017. 513 с.
5. Кулик Ю. М. Ризик-менеджмент логістичної системи машинобудівних підприємств : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04 / Нац. техн. ун-т Укр. «Київський політехн. ін-т ім. І. Сікорського», Київ, 2017. 247 с.
6. Ровенских М.В. Управление рисками логистической системы промышленного предприятия : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.05 / Старый Оскол, 2007. 261 с.
7. Мифтяхетдинов И. А. Оценка эффективности функционирования логистических систем : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.05 / Москва, 2010. 185 с.
8. Серая О.В. Анализ методов решения транспортных задач со случайными стоимостями перевозок. *Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте*. 2013. № 4. С. 42-45.
9. Раскин Л. Г., Кириченко И. О. Многоиндексные задачи линейного программирования (теория, методы, приложения). Москва : Радио и связь, 1982. 240 с.
10. Tuyet-Hoa P., Philippe D. An Exact Method for Solving the Four Index Transportation Problem and Industrial Application. *American Journal of Operational Research*. 2013. P. 28-44.
11. Singh S., Tuli R., Sarode D. A review on fuzzy and stochastic extensions of the multi index transportation problem. *Yugoslav Journal of Operations Research* 2017. Issue 27. N. 1. P.3-29 DOI: 10.2298/YJOR150417007S
12. Abdul-Jabbar Kaedure Bakhuat. Solving bi-objective 4-dimensional transportation problem by using PSO. *AGK Bakhayt - Science International. Sci.Int (Lahor.)*. 28 (3). 2016. P.2403-2410.
13. Плетнева Н.Г. Теория и методология управления логистическими системами в условиях неопределенности : автореф. дис. на соискание ученой степени д-ра екон. наук : 08.00.05. Санкт-Петербург, 2008. 37с.
14. Logistics Trend Radar. Version 2018/19: веб-сайт. URL: <https://www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/logistics-trend-radar.html> (дата звернення: 10.02.2020).
15. Іванова М.І. Управління логістичною системою кластера промислових підприємств : дис. ... докт. екон. наук : 08.00.04 / Кривий Ріг, 2018. 592 с.
16. Скілько В. І. Інтернет-магазин як логістична система. Моделювання та інформаційні системи в економіці. 2013. Вип. 88. С. 218–234.
17. Крикавський Є.В., Чернописька Н.В. Логістичні системи : навч. посібник. 2-ге вид., доп. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. 312с.
18. Єлетенко О.В. Механізм управління логістичною системою підприємства. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2008. № 628. С. 494-498.
19. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э. Системный анализ в логистике : учебник. Москва : Экзамен, 2004. 480 с.
20. Попова І. В. Інноваційні підходи до визначення стійкості підприємства як логістичної системи. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2011. № 4(1). С. 96-102.
21. Сергеев В.И. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / под. общ. и научн. редакцией проф. В.И. Сергеева. Москва : ИНФРА, 2005. 976 с.
22. Карпенко А.П. Популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов. *Информационные технологии*. 2012. №7. Приложение. С.1-32.
23. Kai Lei, Xiaoning Zhu, Jianfei Hou, Wencheng Huang. Decision of Multimodal Transportation Scheme Based on Swarm Intelligence. *Mathematical Problems in Engineering*. Vol. 2014. Article ID 932832. URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/932832>.

References.

1. Krykavskiy, Ye.V. (2014), *Ekonomika lohistyky* [Economics of logistics], Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, Lviv, Ukraine.
2. Smyrnov, I.H. and Kosareva, T.V. (2008), *Transportna lohistyka* [Transportation logistics], Tsentr uchbovoi literatury, Kyiv, Ukraine.
3. Oklander, M.A. (2008), *Lohistyka* [Logistics], Tsentr uchbovoi literatury, Kyiv, Ukraine.
4. Hryhorak, M.Yu. (2017), *Intelektualizatsiia rynku lohistychnykh posluh: kontseptsiiia, metodolohiia, kompetentnist* [Intellectualization of the logistics services market: concept, methodology, competence], Sik Hrup Ukraina, Kyiv, Ukraine.
5. Kulyk, Yu. M. (2017), "Risk Management of Machine-Building Enterprises Logistics System", Abstract of Ph.D. dissertation. Economics and enterprise management (by type of economic activity), National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine.
6. Rovenskykh, M.V. (2007), "Risk management of the logistics system of an industrial enterprise", Abstract of Ph.D. dissertation. Economics and National Economy (by industry and field of activity, including logistics), Starooskolsky Technological Institute (branch) of the Moscow Institute of Steel and Alloys (technological university), Stary Oskol, RF.
7. Myftiakhetdynov, Y. A. (2010), "Evaluation of the effectiveness of the logistics systems", Abstract of Ph.D. dissertation. Economics and National Economy (logistics), State University of Management, Moscow, RF
8. Sira, O.V. (2013). "Analysis of methods of transports problem solution with random cost of transportation", *Informatsionno-upravliaiuschie sistemy na zheleznodorozhnom transporte*. vol.4, pp. 42-45.
9. Raskyn, L. H. and Kyrychenko, Y. O. (1982), *Mnogoindeksnie zadachi linejnogo programmirovaniia (teoriia, metody, prylozheniia)* [Multi-index linear programming problems (theory, methods, applications)], Radio i sviaz, Moscow, RF.
10. Tuyet-Hoa, P., and Philippe, D. (2013), "An Exact Method for Solving the Four Index Transportation Problem and Industrial Application", *American Journal of Operational Research*, pp. 28-44.
11. Singh, S., Tuli, R., and Sarode, D. (2017), "A review on fuzzy and stochastic extensions of the multi index transportation problem", *Yugoslav Journal of Operations Research*, vol. 27, no. 1, pp. 3-29.
12. Kaedure Bakhuat, A.-J. (2018), "Solving bi-objective 4-dimensional transportation problem by using PSO", *AGK Bakhayt - Science International. Sci.Int (Lahor.)*, vol.28 (3), pp. 2403-2410.
13. Pletneva, N.H. (2008), "The theory and methodology of management of logistic systems under uncertainty", Ph.D. Thesis, Economy and management of the national economy: logistics, St. Petersburg State University of Engineering and Economics, St. Petersburg, RF.
14. The official site of DHL (2018), "Logistics Trend Radar. Version 2018/19", available at: <https://www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/logistics-trend-radar.html> (Accessed 10 February 2020).
15. Ivanova, M.I. (2018), "Management of the logistics system of an industrial cluster of enterprises", Abstract of Ph.D. dissertation, Economics and Management of Enterprises (by types of economic activity), Classic Private University, SIHE "Kryvyi Rih National University", Kryviy Rih, Ukraine.
16. Skitsko, V.I. (2013), "Online shop as a logistics system", *Modeliuvannia ta informatsijni systemy v ekonomitsi*, vol. 88, pp. 218–234.
17. Krykavskiy, Ye.V., Chornopyska, N.V. *Lohistychni systemy* [Logistics systems], 2nd ed, Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, Lviv, Ukraine.
18. Yeletenko, O.V. (2008), "The mechanism of management of the logistic system of the enterprise", *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika"*, vol. 628, pp. 494-498.
19. Mirotin, L.B, Tashbaev, Y.E. (2004), *Systemnyj analiz v logistyke* [System analysis in logistics], Exam, Moscow, RF.
20. Popova, I.V. (2011), "Innovative going near determination of stability of enterprise as a logistic system", *Marketing and Management of Innovations*, vol. 4(1), pp. 96-102.
21. Sergeev, V.I. (2005), *Korporativnaia logistika. 300 otvetov na voprosi professionalov* [Corporate Logistics 300 answers to questions of professionals], INFRA, Moscow, RF.
22. Karpenko, A.P. (2012), "Population algorithms for global search engine optimization. Overview of new and little-known algorithms", *Information Technology*, vol. 7, pp.1-32.
23. Kai Lei, Xiaoning Zhu, Jianfei Hou, and Wencheng Huang (2014), "Decision of Multimodal Transportation Scheme Based on Swarm Intelligence", *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2014, Article ID 932832.

Стаття надійшла до редакції 20.03.2020 р.