

JEL Classification: C2; D81; M11; M21; M31

Ігор Кривов'язюк, к.е.н., професор
 Луцький національний технічний університет
<https://orcid.org/0000-0002-8801-4700>
y.kulyk@lntu.edu.ua

Igor Kryvovyazyuk I., Candidate of Economic Sciences, Professor
 Lutsk National Technical University
<https://orcid.org/0000-0002-8801-4700>
igor.kryvovjazyuk@lntu.edu.ua

Юлія Кулик, к.е.н.
 Луцький національний технічний університет
<https://orcid.org/0000-0001-8538-6034>
 Yuliya Kulyk, Candidate of Economic Sciences
 Lutsk National Technical University
<https://orcid.org/0000-0001-8538-6034>
y.kulyk@lntu.edu.ua

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА МЕТОДОМ ДИСКРИМІНАНТНОГО АНАЛІЗУ

В даній статті вирішено проблему пошуку адекватної технології математичної статистики, яка дозволить підвищити ефективність управління ризиками в ланцюгу поставок. Основною метою дослідження є удосконалення моделі оцінювання ефективності ризик-менеджменту логістичної системи, яка забезпечить високий рівень точності класифікації сукупності досліджуваних підприємств за рівнями ефективності управління ризиками. Критичний аналіз наукових джерел з вирішення досліджуваної проблеми вказує на широке використання методів оцінки компромісів між логістичним ризиком та ефективністю логістичної системи та доцільність використання дискримінантного аналізу в якості найбільш прийнятної з них. Актуальність вирішення даної наукової проблеми полягає в тому, що своєчасне вдосконалення управління ризиками логістичної системи підприємств шляхом оцінювання ефективності його реалізації на основі заздалегідь обґрунтованих методів аналізу та моделювання процесів управління ризиками забезпечує комплексну протидію різноманітним ризикам внутрішнього та зовнішнього середовища впливу, попереджуючи порушення інтеграції логістичних ланок і виникнення матеріальних втрат. Теоретико-методичну та практичну основу дослідження становили наступні методи: абстрактно-логічний та узагальнення – при дослідженні наукових положень теорії ризик-менеджменту для логістичних систем сучасних підприємств і методів аналізу та оцінки ефективності управління ризиками; абстрагування та формалізації – при розкритті методики реалізації дискримінантного аналізу для оцінювання ефективності ризик-менеджменту логістичної системи; математико-статистичний – при розрахунку та побудові дискримінаційної моделі оцінювання ефективності ризик-менеджменту логістичної системи машинобудівних підприємств; узагальнення – при зведенні висновків і рекомендацій за результатами досліджень. Об'єктом дослідження є управління ризиками логістичної системи машинобудівних підприємств. Результатами дослідження встановлено, що найбільший вплив на ефективність ризик-менеджменту логістичних систем машинобудівних підприємств має швидкість обертання в ланцюзі постачання, менш вагомими є швидкість товарообороту та ступінь обслуговування споживачів. Здійснене групування підприємств за рівнем ефективності управління ризиками логістичної системи визначило п'ять класифікаційних груп щодо їх розподілу: 40,74% аналізованих підприємств характеризує високий, 15,93% – середній, 20,11% – достатній, 17,14% – низький та 6,08% – критичний рівень ефективності управління ризиками логістичної системи. Для кожної з груп рекомендовано комплекс програмних продуктів, які забезпечать оптимізацію та удосконалення логістичних процесів, що має практичну цінність.

Ключові слова: управління ризиками ланцюга поставок, логістична система, дискримінантний аналіз, технологія оцінювання, групування підприємств, ефективність ризик-менеджменту.

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF RISK MANAGEMENT OF THE LOGISTICS SYSTEM OF THE ENTERPRISE USING THE METHOD OF DISCRIMINANT ANALYSIS

This article solves the problem of finding an adequate technology of mathematical statistics that will increase the efficiency of risk management in the supply chain. The main goal of research is to improve the model for assessing efficiency of risk management of the logistics system, which will ensure a high level of accuracy in the classification of the population of the researched enterprises according to the levels of risk management efficiency. A critical analysis of scientific sources on solving researched problem indicates the wide use of methods for evaluating trade-offs between logistics risk and efficiency of logistics system and the feasibility of using discriminant analysis as the most acceptable of them. The relevance of solving this scientific problem lies in the fact that the timely improvement of the risk management of logistics system of enterprises by evaluating the efficiency of its implementation based on previously justified methods of analysis and modeling of risk management processes provides comprehensive countermeasures for various risks of internal and external environment of influence, preventing disruption of integration of logistics links and occurrence of material losses. The theoretical-methodical and practical basis of the research was made by the following methods: abstract-logical and generalization – while researching scientific provisions of the theory of risk management for logistics systems of modern enterprises and methods of analysis and assessment of the efficiency of risk management; abstraction and formalization – while revealing the methodology of implementing discriminant analysis for evaluating the efficiency of risk management of logistics system; mathematical and statistical – while calculating and building a discriminatory model for assessing the efficiency of risk management of the logistics system of engineering enterprises; generalization – while summarizing conclusions and recommendations based on research results. The object of research is risk management of logistics system of engineering enterprises. Research results established that the speed of rotation in the supply chain has the greatest influence on efficiency of risk management of logistics systems of engineering enterprises and the speed of turnover and the degree of customer service are less important. The carried out grouping of enterprises according to the level of efficiency of risk management of the logistics system determined five classification groups regarding their distribution: 40.74% of the analyzed enterprises are characterized by high, 15.93% – medium, 20.11% – sufficient, 17.14% – low and 6.08% is characterized by the critical level of risk management efficiency of the logistics system. A set of software products is recommended for each of the groups, which will ensure optimization and improvement of logistics processes, which has practical value.

Key words: supply chain risk management, logistics system, discriminant analysis, assessment technology, enterprises grouping, risk management efficiency.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Сучасну діяльність підприємств досить складно уявити поза належно організованої взаємодії логістичних елементів та процесів в межах середовища їхнього функціонування, яка здійснюється з метою оптимізації руху матеріального потоку та його координації. Нині, зі зростанням процесів глобалізації бізнес-операцій, логістичні системи знаходяться під загрозою всіляких невизначеностей і збоїв. Майже щомісяця у світі відбуваються події, що суттєво порушують процеси постачання, виробництва, транспортування та складування. Такі динамічні зміни у зовнішньому середовищі впливають на ризик виконання процесу та загрожують ефективній інтеграції ресурсів, скоординованому управлінню операціями, негативно впливаючи на задоволеність та лояльність клієнтів (Stefanova, 2022). Як наслідок, ефективна та результативна схема управління ризиками є головним пріоритетом у свідомості всіх професіоналів у сфері управління логістикою (Choi *et al.*, 2016) та вимагає цілеспрямованого впливу на виникаючі небезпеки в роботі ланок логістичного ланцюга з метою недопущення зміни параметрів потоків від заданих у майбутньому (Кривов'язук *et al.*, 2018). Це й визначає необхідність вдосконалення управління ризиками логістичної системи підприємств шляхом своєчасного оцінювання ефективності його реалізації на основі заздалегідь обґрунтованих методів аналізу та моделювання процесів управління ризиками (Кривов'язук & Кулик, 2012).

Оцінювання ризику в логістиці спрямовано на вивчення взаємозв'язків між завданнями логістичної системи, організацією її функціонування та зводиться до вибору процесу впровадження логістичної стратегії (Jacyna-Golda, Merkisz-Guranowska and Żak, 2014). В рамках такого оцінювання досить складно правильно обрати тип моделі, що буде застосовуватись, адже кожне підприємство чи група підприємств, що будуть аналізуватись, по-різному формують логістичні системи, здійснюють управління ними, а також намагаються протидіяти різноманітним ризикам внутрішнього та зовнішнього

середовища впливу. При цьому набір цих ризиків також буде строго індивідуальним для кожного обраного для дослідження підприємства (або ж групи підприємств). Проте, як показує практика оцінювання ризиків і ефективності ризик-менеджменту логістичних систем підприємств, серед методів аналізу прикладного спрямування прийнято застосовувати такі як симуляційний аналіз (*Gao та ін., 2020*), регресійний аналіз (*Yang та ін., 2019*), байєсівський аналіз (*Hosseini & Ivanov, 2020*), доповнюючи їх низкою допоміжних методів, що в сукупності забезпечує вирішення таких практичних завдань як швидкість і дієвість управлінських рішень, оптимізація логістичних витрат, підвищення ефективності логістичної діяльності підприємства.

Відтак, вирішення проблеми оцінювання ефективності ризик-менеджменту для підвищення рівня ефективності функціонування логістичної системи підприємства, де ризики спричиняють порушення інтеграції логістичних ланок, що призводить до матеріальних втрат, має особливу актуальність.

Дане дослідження виконано в межах науково-дослідної теми «Управлінські інновації в методології вирішення проблем розвитку підприємництва та забезпечення досконалості бізнесу» (№ д/р: 0121U108254).

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення проблеми. Загальний огляд управління ризиками ланцюгів поставок (SCRM, включаючи ідентифікацію ризику, оцінку, заходи поліпшення та моніторинг), розробка його концептуального бачення (*Fan & Stevenson, 2018; Friday та ін., 2018*) виявили обмежене використання положень теорії ризик-менеджменту для логістичних систем сучасних підприємств. В той самий час, в роботах сучасних вчених визначено, що управління ризиками в логістиці охоплює широкий спектр стратегій, спрямованих на виявлення, оцінку, пом'якшення та моніторинг неочікуваних подій або умов, які можуть мати вплив, переважно негативний, на будь-яку частину ланцюга постачання (*Baryannis та ін., 2019*).

Такі вчені як *Bartosova, Taraba, Peterek (2021)* дослідивши 144 компанії, які ведуть бізнес у галузі логістики з'ясували, що кількість застосовуваних методів в управлінні залежить від розміру компанії, що пояснюється збільшенням кількості ризиків відносно зростання складності відповідних систем (*Fuchs & Wohinz, 2009*). Відзначимо, що на практиці застосування методів оцінювання ефективності ризик-менеджменту логістичних систем залежатиме від впливу внутрішніх і зовнішніх ризиків, детально описаних *Guo, Liu, Manogaran, Chilamkurti & Kadry (2020)*, а також від рівня застосування інформаційних систем і технологій (*Кривов'язюк & Усков, 2011*).

Так, важливого значення набуває застосування байєсівських мереж та їх поєднання з алгоритмами машинного навчання для вирішення проблем логістики з великими даними, пов'язаних із невизначеністю та ризиком. Даний метод аналізу вважається більш поширеним порівняно регресійним аналізом і ланцюгом Маркова, оскільки взмозі легко охопити причинно-наслідкові зв'язки та взаємозалежність між джерелами ризику в логістиці, стратегіями пом'якшення та наслідками ризику (*Hosseini & Ivanov, 2020*). Інтелектуальний аналіз даних, який використовує кілька аналітичних методів для розумного та своєчасного прийняття рішень і потенціал якого для логістики вивчений не повністю, може бути спрямовано на розробку основи для ідентифікації, оцінки та пом'якшення різних типів ризиків у ланцюгах постачання, як унікальну структуру для ефективного управління ризиками (*Kara та ін., 2020*). Певний інтерес становить й розробка авторів, що пропонують нову інтегровану модель FMEA, засновану на теорії хмарних моделей та ієрархічній техніці для порядку переваги за подібністю до ідеального рішення (TOPSIS), щоб оцінити та ранжувати ризики режимів відмови. Він поєднує в собі переваги хмарної моделі в боротьбі з нечіткістю та випадковістю лінгвістичних оцінок та переваги ієрархічного TOPSIS у вирішенні складних проблем прийняття рішень (*Liu та ін., 2019*). Ряд вчених, серед яких *Oliveira, Jin, Lima, Kobza &*

Montevechi (2019), вказують на гібридні та гнучкі оптимізаційні моделі, які на основі моделювання для управління ризиками ланцюга постачання можуть покращити процес прийняття рішень. Є роботи, в яких рекомендоване використання системи методів: метод наукового аналізу – для аналізу моделі управління ризиками, багатофакторного покроково-регресійного аналізу – для побудови моделі управління ризиками ланцюга поставок; метод описового статистичного аналізу – для розкриття взаємозв'язку між управлінням ризиками та ефективністю підприємства, метод нечітких рішень – для аналізу оцінки ризиків ланцюга поставок, статистичний та регресійний аналіз – щоб покращити здатність управління ризиками в ланцюгу поставок (*Yang et al., 2019*). На вагомості застосування дискримінантного аналізу наголошують *Tillmanns & Krafft (2022)*, однак застосовують його відносно вивчення кредитоспроможності постачальників, тоді як дослідження логістичного ланцюгу потребує більш ґрунтовного аналізу. Питанням оцінки ефективності в логістиці та ризик-менеджменту підприємств присвячено й численні публікації авторів даної статті (*Kryvovazyuk et al., 2015, 2019*), де підготовлено значне підґрунття для подальших досліджень. Зокрема, й матеріали даної статті є продовженням досліджень авторів, які доповідали про розробку нового підходу в управлінні ризиками логістичних систем, що дозволить більш ефективно планувати, оцінювати та контролювати логістичні процеси за допомогою застосовуваних інформаційних технологій на 62-й Міжнародній науковій конференції з інформаційних технологій та управління в Рижському технічному університеті (*Vakhovych et al., 2021*). Практичні наслідки досліджуваної проблематики так чи інакше зводяться до необхідності ретельної оцінки компромісів між логістичним ризиком та ефективністю логістичної системи. Більше того, вдосконалення внутрішньої стійкості таких систем може допомогти полегшити потенційні вразливості логістики (*Wu & Chairiyaphan, 2020*), а відтак вимагають ретельного підходу до вибору методів аналізу такої ефективності. Адже несвоєчасне реагування на ризики, що виникають в логістичній системі, відсутність ефективного ризик-менеджменту, може призвести до втрати позитивної динаміки глобальних показників у довгостроковій перспективі і мати, як результат, драматичні наслідки для репутації компанії (*Ouabouch & Pache, 2014*).

Підсумовуючи зазначимо, що численні дослідження хоча й вказують на важливість управління ризиками логістичних систем, проте носять вузькоспрямований характер, не зауважують про значні недоліки методів аналізу, які застосовуються для оцінки ефективності управління ризиками. Дискримінантний аналіз, натомість надає такі переваги як простота в розрахунках, вирішення проблеми визначення критичних значень показників, можливість використання декількох незалежних змінних для побудови цілісної моделі класифікації, дозволяє чітко розмежувати класифіковані групи за рядом параметрів, що і визначає спрямованість даного дослідження.

Мета статті полягає в удосконаленні моделі оцінювання ефективності ризик-менеджменту логістичної системи, яка забезпечить високий рівень точності класифікації сукупності досліджуваних підприємств за рівнями ефективності управління ризиками.

Методологія та методи дослідження. Для оцінювання ризик-менеджменту логістичної системи підприємства обрано технологію математичної статистики, зокрема дискримінантний аналіз. Ключовим його завданням в контексті оцінювання ризик-менеджменту є розробка та апробація моделі, що дозволить з достатнім рівнем точності здійснити класифікацію досліджуваної сукупності аналізованих підприємств за рівнем ефективності існуючої системи-ризик менеджменту.

В якості досліджуваної групи підприємств нами обрано інноваційно активні машинобудівні підприємства України (станом на 2020 р. їх нараховується 194). Запропонована в роботі дискримінантна модель є лінійною функцією, де змінними виступають логістичні показники за функціональними складовими логістичних систем машинобудівних підприємств (постачання, виробництво, збут). Вибір дискримінантної

моделі для оцінки ґрунтується на тому, що вона не вимагає складних обчислень і є доволі простою, що є актуальним для підприємств обраного нами сектору, адже вибірка є широкою і для розрахунку вихідних показників є достатній об'єм інформації. До того ж, є опція в якості вихідних даних застосовувати показники, що характеризують ефективність ризик-менеджменту конкретно логістичних систем, що значно підвищує значимість моделі.

Показники, що обрано для аналізу, відображають ефективність ризик-менеджменту логістичної системи за її функціональними складовими, характеризуючи їх ефективність і обраховані нами самостійно, що надає можливість отримати об'єктивну оцінку. Це такі показники як: період обертання в ланцюзі постачання (постачання); період товарообороту (виробництво); ступінь обслуговування споживачів (збут). Для уникнення дублювання та нечіткості в розрахунках обрано показники, які не є мультиколінеарними, між ними не існує кореляційного зв'язку.

На етапі дискримінантного аналізу визначено середні значення ознак за вибіркою підприємств, що було нами обрано залежно від значень показників на підприємства з високим значенням показників – низький рівень ефективності та підприємства з низьким значенням показників – високий рівень ефективності.

Для цього було використано наступні формули:

$$\overline{X_i^1} = \frac{\sum_{j=1}^{n_1} x_{ij}^1}{n_2}; \quad (1)$$

$$\overline{X_i^2} = \frac{\sum_{j=1}^{n_2} x_{ij}^2}{n_2}, \quad (2)$$

де $\overline{X_i^1}$, $\overline{X_i^2}$ – середні елементи векторів-стовпців;

i – індекс ознаки (ступінь обслуговування споживачів, період товарообороту, період обертання в ланцюзі постачання) $i = \overline{1, m}$;

j – індекс підприємства $j = \overline{1, n}$;

n_1, n_2 – кількість об'єктів в першій та другій вибірках відповідно.

Наступним етапом є визначення коваріаційної матриці S_1 та S_2 розміром $(m \times n)$ для першої та другої вибірок, відповідно за допомогою наступної формули:

$$S_{ik}^1 = \sum_{j=1}^{n_1} (x_{ij} - \overline{x_i}) \times (x_{kj} - \overline{x_k})_{m \times n}; \quad (3)$$

$$S_{ik}^2 = \sum_{j=1}^{n_2} (x_{ij} - \overline{x_i}) \times (x_{kj} - \overline{x_k})_{m \times n}, \quad (4)$$

де i – індекс змінної ознаки $i = \overline{1, m}$;

k – індекс факторної ознаки.

Слідуючим кроком є оцінка сумарної вибіркової дисперсії:

$$S' = S^1 + S^2. \quad (5)$$

На основі значення зворотної матриці розрахуємо значення вектора дискримінантних множників $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ використавши для розрахунку наступну формулу:

$$C = S^{-1} \times (\overline{x^1} - \overline{x^2}). \quad (6)$$

На заключному етапі формується дискримінантна модель оцінки ефективності ризик-менеджменту логістичних систем підприємств.

Результати. Для дослідження було сформовано статистичну вибірку з 194 українських інноваційно активних машинобудівних підприємств. Період дослідження з

2009 р. до 2020 р. Подальший відбір за рядом критеріїв: інформаційна доступність баз даних підприємств, спеціалізація діяльності, масштаби діяльності (за показниками виробництва та реалізації продукції) виявив доцільність оцінювання 27 підприємств. Для формування баз даних оцінювання ризик-менеджменту логістичної системи досліджуваних підприємств використано цільовий метод вибірки на основі зведення та узагальнення офіційної статистичної інформації.

Вихідні значення контрольних показників наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Вихідні значення для розрахунку дискримінаційної моделі оцінювання ефективності ризик-менеджменту логістичної системи машинобудівних підприємств

Назва підприємства	Показники		
	Ступінь обслуговування споживачів	Період товарообороту	Період обертання в ланцюзі постачання
ПрАТ «Цукрогідромаш»	0,47	701,51	296,97
ТзОВ «Запорізький механічний завод»	0,30	441,10	192,23
ПрАТ «Вовчанський агрегатний завод»	0,11	636,06	267,00
АТ «Гідросила МЗТГ»	0,06	174,21	23,82
АТ «Сумське машинобудівне науково-виробниче об'єднання»	0,28	763,88	2353,44
АТ «Кременчуцький сталеливарний завод»	0,89	782,66	908,74
ПрАТ «Верхньодніпровський машинобудівний завод»	0,44	344,07	159,97
ТДВ «Завод дозуючих автоматів»	0,16	387,07	387,07
ПрАТ «Карлівський машинобудівний завод»	0,40	341,26	94,40
ПрАТ «Хорольський механічний завод»	0,15	55,06	21,07
ПрАТ «Новокраматорський машинобудівний завод»	0,37	456,19	179,02
ПрАТ «Бериславський машинобудівний завод»	0,24	6099,02	287,26
ПрАТ «СКФ Україна»	0,32	163,61	92,83
ПрАТ «Рейл»	0,10	5115,59	264,03
ПАТ «Луганськтепловоз»	0,24	3427,99	248,67
АТ «Дніпропетровський стрілочний завод»	0,41	160,42	102,61
ПрАТ «Дніпровагонмаш»	0,30	1296,72	490,91
ПрАТ «Дніпропетровський агрегатний завод»	0,27	332,54	191,50
АТ «Дніпропетровський завод прокатних валків»	77,93	192,99	77,69
ПрАТ «НВП «Макіївський завод шахтної автоматики»	0,14	2789,86	1344,52
ПрАТ «Горлівський машинобудівник»	0,15	516,03	303,74
ПрАТ «НГМЗ-БУР»	0,51	1625,00	57,06
ПАТ «Сумський завод «Насосенергомаш»	0,02	556,81	196,64
ПрАТ «Свеський насосний завод»	0,06	652,09	313,04
АТ «ХАРП»	0,24	519,32	198,30
ПрАТ «ЗАЗ»	0,47	2116,90	138,27
АТ «Мотор Січ»	0,02	588,65	744,82

Джерело: розраховано авторами за даними фінансової звітності підприємств

Вектори-стовпці по першій та по другій вибірках приймають наступний вигляд:

$$\overline{X^1} = \begin{bmatrix} \overline{X_1^1} \\ \overline{X_2^1} \\ \overline{X_3^1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 77,93 \\ 6099,02 \\ 2353,44 \end{bmatrix};$$

$$\overline{X^2} = \begin{bmatrix} \overline{X_1^2} \\ \overline{X_2^2} \\ \overline{X_3^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,02 \\ 55,07 \\ 21,07 \end{bmatrix}.$$

Матриця по першій та другій вибірках має наступний вигляд:

$$S^1 = \begin{bmatrix} 0,2349 & -0,1275 & -0,1175 \\ -0,1276 & 2,9894 & 0,0847 \\ -0,1176 & 0,0847 & 1,9675 \end{bmatrix}; S^2 = \begin{bmatrix} 1,3411 & -0,9478 & -0,2487 \\ -0,9478 & 7,2019 & -0,0391 \\ -0,2487 & -0,0391 & 1,9022 \end{bmatrix}.$$

Розраховуємо значення зворотної матриці S^{-1} . Вона приймає наступний вигляд:

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 1,5764 & -1,0754 & -0,3663 \\ -1,0751 & 0,1914 & 7,0402 \\ -0,3663 & 0,0483 & 13,8697 \end{bmatrix}.$$

На основі значення зворотної матриці розрахуємо значення вектора дискримінантних множників:

$$X^{1-2} = \begin{bmatrix} 0,6345 & -0,9299 & -2,7301 \\ -0,9299 & 0,0090 & 0,0212 \\ -2,7301 & 1,8198 & 0,0721 \end{bmatrix};$$

$$S^{-1} \times X^{1-2} = \begin{bmatrix} 0,4944 & 1624 \\ 0,5620 & 1280 \\ 0,6372 & 9181 \end{bmatrix}.$$

Отримуємо дискримінантну модель оцінки, що приймає наступний вигляд:

$$Z^{RM} = 0,494x_1 + 0,562x_2 + 0,637x_3, \quad (7)$$

де Z^{RM} – підсумковий показник ефективності управління ризиками логістичної системи підприємства;

x_1 – вагомість першого тестового параметра – ступінь обслуговування споживачів;

x_2 – вагомість другого тестового параметра – період товарообороту;

x_3 – вагомість третього тестового параметра – період обертання в ланцюзі постачання.

Відповідно до отриманих значень коефіцієнта варіації здійснено групування підприємств за рівнем ефективності управління ризиками логістичної системи. Встановлено, що 40,74% аналізованих підприємств характеризує високий, 15,93% – середній, 20,11% – достатній, 17,14% – низький та 6,08% – критичний рівень ефективності управління ризиками логістичної системи.

Висновки та рекомендації. Здійснення ризик-менеджменту логістичної системи підприємства вимагає адекватної оцінки його ефективності, що досягається завдяки справедливо обраній технології її розрахунку, яка дозволяє в майбутньому підвищити ефективність управління ризиками в ланцюгу поставок.

Критичний аналіз наукових джерел з вирішення проблеми вибору методу аналізу та оцінки ефективності логістичних процесів і систем підприємств вказує на широке використання методів оцінки компромісів між логістичним ризиком та ефективністю логістичної системи. В той же час, завдяки відносній простоті в розрахунках і побудові моделі, вирішенні проблеми визначення критичних значень її параметрів, можливостям використання декількох незалежних змінних для побудови цілісної моделі класифікації, розмежувати класифіковані групи за рядом параметрів, доцільність використання дискримінантного аналізу для отримання адекватних результатів оцінки ефективності ризик-менеджменту логістичної системи підприємств вважається безсумнівною.

Отримана нами на основі технології математичної статистики дискримінантна модель оцінки характеризується високою ефективністю і ґрунтується на використанні

математично-статистичних методів оцінювання показників логістичних систем машинобудівних підприємств, а її результатом є лінійна функція, за допомогою якої можна прогнозувати ризики, удосконаливши тим самим їх системи ризик-менеджменту. Підвищення тотожності результатів моделювання забезпечують розрахунок математичних сподівань ознак за вибіркою для групування підприємств, формування коваріаційної матриці вибірок, оцінювання підсумкової вибіркової дисперсії та побудова оберненої матриці з метою розрахунку значень вектору дискримінантних множників.

Результатами дослідження встановлено, що найбільший вплив на ефективність ризик-менеджменту логістичних систем досліджуваних підприємств має швидкість обертання в ланцюзі постачання, менш вагомими – швидкість товарообороту та ступінь обслуговування споживачів. Здійснене групування підприємств за рівнем ефективності управління ризиками логістичної системи визначило п'ять класифікаційних груп щодо їх розподілу на високий, середній, достатній, низький та критичний рівень ефективності.

Відповідно до отриманих результатів, з метою підвищення ефективності управління ризиками машинобудівних підприємств в їх логістичних підсистемах та функціях нами рекомендовано імплементувати комплекс програмних продуктів, що забезпечать оптимізацію та удосконалення логістичних процесів. Групам підприємств, які характеризує критичний та низький рівень ефективності ризик-менеджменту рекомендовано застосовувати програмні продукти Extend, GPSS/H, Arena у функції транспортування та EuroModal, Ethink, AWitness у функції складування. Групі підприємств, що характеризується достатнім рівнем ефективності управління ризиками рекомендовано застосовувати у якості основного інструменту програмний продукт в тій підсистемі чи функції, де виявлено недостатній рівень ефективності управління. Зокрема, для підсистеми постачання рекомендованим є програмний продукт EuroModal, для виробничої підсистеми рекомендовано програмний продукт SSTaylor, для збутової підсистеми рекомендованим є програмний продукт Extend, для функцій транспортування та складування – програмні продукти GPSS/H та AWithess. Групам підприємств, які характеризуються середнім і високим рівнем ефективності ризик-менеджменту логістичної системи рекомендовано використовувати кілька програмних продуктів у ключових логістичних підсистемах та функціях, де критеріями їх вибору виступають термін часу, на який планується використання останніх, їх вартість та період окупності.

Подальші дослідження слід спрямувати в напрямку удосконалення використання економіко-статистичного апарату, вивчення можливостей покращення класифікації з метою забезпечення більш високого рівня її точності та визначення шляхів підвищення ефективності ризик-менеджменту логістичних систем підприємств із врахуванням викликів військового часу.

Авторські внески

Концептуалізація: Кривов'язюк Ігор

Зберігання даних: Кривов'язюк Ігор, Кулик Юлія

Формальний аналіз: Кривов'язюк Ігор, Кулик Юлія

Придбання фінансування: Кривов'язюк Ігор, Кулик Юлія

Розслідування: Кривов'язюк Ігор

Методика: Кулик Юлія

Адміністрація проекту: Кривов'язюк Ігор

Ресурси: Кривов'язюк Ігор, Кулик Юлія

Нагляд: Кривов'язюк Ігор, Кулик Юлія

Підтвердження: Кривов'язюк Ігор, Кулик Юлія

Візуалізація: Кривов'язюк Ігор, Кулик Юлія

Написання: Кривов'язюк Ігор, Кулик Юлія

Список бібліографічного опису:

1. Кривов'язюк, І.В., & Усков, О.Р. (2011). Управління логістичними інформаційними системами підприємства. Львів: Манускрипт.
2. Кривов'язюк, І.В., & Кулик, Ю.М. (2012). Управління надійністю логістичної системи підприємства. Львів: Манускрипт.
3. Кривов'язюк, І.В., Смерічевський, С.Ф., & Кулик, Ю.М. (2018). Ризик-менеджмент логістичної системи машинобудівних підприємств. Київ: Кондор.
4. Bartosova, T., Taraba, P., & Peterek, K. (2021). Approach to the Risk Management Process in Logistics Companies. *Chemical Engineering Transactions*, 86, 403-408. <https://doi.org/10.3303/CET2186068>
5. Baryannis, G., Validi, S., Dani, S., & Antoniou, G. (2019). Supply chain risk management and artificial intelligence: state of the art and future research directions. *International Journal of Production Research*, 57:7, 2179–2202, DOI: 10.1080/00207543.2018.1530476.
6. Choi, T.-M., Chiu, C.-H., & Chan, H.-K. (2016). Risk management of logistics systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 90, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.03.007>.
7. Fan, Y., & Stevenson, M. (2018). A review of supply chain risk management: definition, theory, and research agenda. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48 (3), 205-230. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2017-0043>.
8. Friday, D., Ryan, S., Sridharan, R., & Collins, D. (2018). Collaborative risk management: a systematic literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48 (3), 231-253. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2017-0035>.
9. Fuchs, H., & Wohinz, J. W. (2009). Risk management in logistics systems. *Advances in Production Engineering & Management*, 4, 233–242.
10. Hosseini, S., & Ivanov, D. (2020). Bayesian networks for supply chain risk, resilience and ripple effect analysis: A literature review. *Expert Systems with Applications*, 161, 113649. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113649>.
11. Gao, Q., Guo, S., Liu, X., Manogaran, G., Chilamkurti, N., & Kadry, S. (2020). Simulation analysis of supply chain risk management system based on IoT information platform. *Enterprise Information Systems*, 14:9-10, 1354–1378. <https://doi.org/10.1080/17517575.2019.1644671>.
12. Jacyna-Golda, I., Merksiz-Guranowska, A., & Żak, J. (2014). Some aspects of risk assessment in the logistics chain. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, 21(4), 193–201.
13. Kara, M.E., Firat, S.Ü.O., & Ghadge A. (2020). A data mining-based framework for supply chain risk management. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105570. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.12.017>.
14. Kryvov'azyuk, I.V., Volynchuk, Y.V., & Pushkarchuk, I.M. (2015). Methodological approach to the efficiency evaluation of innovative processes in logistical activity of enterprises. *Actual problems of economics*, 12 (174), 408–414.
15. Kryvov'azyuk, I. V. (2019). Risk management of energy efficient projects of an industrial enterprise. In: Smerichevskyi, S. F. (Ed.), *Methodological Principles of Energy Efficiency Improvement of Ukrainian Industrial Enterprises*. Poznań: Wydawnictwo naukowe WSPiA, 137–162.
16. Liu, H., Wang, L., Li, Z., & Hu, Y. (2019). Improving Risk Evaluation in FMEA With Cloud Model and Hierarchical TOPSIS Method. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 27 (1), 84–95. doi: 10.1109/TFUZZ.2018.2861719.
17. Oliveira, J.B., Jin, M., Lima, R.S., Kobza, J.E., & Montevechi, J.A.B. (2019). The role of simulation and optimization methods in supply chain risk management: Performance and review standpoints. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 92, 17–44. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2018.11.007>.
18. Ouabouch, L., & Pache, G. (2014). Risk Management In The Supply Chain: Characterization And Empirical Analysis. *Journal of Applied Business Research (JABR)*, 30 (2), 329–340. <https://doi.org/10.19030/jabr.v30i2.8401>.
19. Stefanova, M. (2022). *Integrating Quality and Risk Management in Logistics*. IntechOpen, London. <https://dx.doi.org/10.5772/103050>.
20. Tillmanns, S., & Krafft, M. (2022). Logistic Regression and Discriminant Analysis. In: Homburg, C., Klarmann, M., Vomberg, A. (eds) *Handbook of Market Research*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57413-4_20.
21. Vakhovych, I., Kryvov'azyuk, I., Kovalchuk, N., Kaminska, I., Volynchuk, Y., & Kulyk, Y. (2021). Application of Information Technologies for Risk Management of Logistics Systems. *62nd International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS)*, 1–6. doi: 10.1109/ITMS52826.2021.9615297.
22. Wu, P.-J., & Chaipiyaphan, P. (2020). Diagnosis of delivery vulnerability in a logistics system for logistics risk management. *The International Journal of Logistics Management*, 31 (1), 43–58. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2019-0069>.
23. Yang, Q., Wang, Y., & Ren, Y. (2019). Research on financial risk management model of internet supply chain based on data science. *Cognitive Systems Research*, 56, 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2019.02.001>.

References:

1. Kryvov'azyuk, I. V., Uskov, O. R. (2011). Upravlinnja lohistychnymy informacijnymy systemamy pidpryjemstva [Management of logistics information systems of the enterprise]. Lviv: Manuscript [in Ukrainian].
2. Kryvov'azyuk, I. V., Kulyk, J. M. (2012). Upravlinnja nadiynistyu lohistychnoyi systemy pidpryjemstva [Management of reliability of the logistics system of an enterprise]. Lviv: Manuscript [in Ukrainian].

3. Kryvovyazyuk, I. V., Smerichevskyi, S. F., Kulyk, J. M. (2018). Ryzyk-menedzhment logistychnoji systemy mashynobudivnykh pidprijemstv [Risk Management of Machine-Building Enterprises Logistics System]. Kyiv: Condor [in Ukrainian].
4. Bartosova, T., Taraba, P., & Peterek, K. (2021). Approach to the Risk Management Process in Logistics Companies. *Chemical Engineering Transactions*, 86, 403-408. <https://doi.org/10.3303/CET2186068>
5. Baryannis, G., Validi, S., Dani, S., & Antoniou, G. (2019). Supply chain risk management and artificial intelligence: state of the art and future research directions. *International Journal of Production Research*, 57:7, 2179–2202, DOI: 10.1080/00207543.2018.1530476.
6. Choi, T.-M., Chiu, C.-H., & Chan, H.-K. (2016). Risk management of logistics systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 90, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.03.007>.
7. Fan, Y., & Stevenson, M. (2018). A review of supply chain risk management: definition, theory, and research agenda. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48 (3), 205-230. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2017-0043>.
8. Friday, D., Ryan, S., Sridharan, R., & Collins, D. (2018). Collaborative risk management: a systematic literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48 (3), 231-253. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2017-0035>.
9. Fuchs, H., & Wohinz, J. W. (2009). Risk management in logistics systems. *Advances in Production Engineering & Management*, 4, 233–242.
10. Hosseini, S., & Ivanov, D. (2020). Bayesian networks for supply chain risk, resilience and ripple effect analysis: A literature review. *Expert Systems with Applications*, 161, 113649. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113649>.
11. Gao, Q., Guo, S., Liu, X., Manogaran, G., Chilamkurti, N., & Kadry, S. (2020). Simulation analysis of supply chain risk management system based on IoT information platform. *Enterprise Information Systems*, 14:9-10, 1354–1378. <https://doi.org/10.1080/17517575.2019.1644671>.
12. Jacyna-Golda, I., Merksiz-Guranowska, A., & Żak, J. (2014). Some aspects of risk assessment in the logistics chain. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, 21(4), 193–201.
13. Kara, M.E., Firat, S.Ü.O., & Ghadge A. (2020). A data mining-based framework for supply chain risk management. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105570. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.12.017>.
14. Kryvovyazyuk, I.V., Volynchuk, Y.V., & Pushkarchuk, I.M. (2015). Methodological approach to the efficiency evaluation of innovative processes in logistical activity of enterprises. *Actual problems of economics*, 12 (174), 408–414.
15. Kryvovjaziuk, I. V. (2019). Risk management of energy efficient projects of an industrial enterprise. In: Smerichevskyi, S. F. (Ed.), *Methodological Principles of Energy Efficiency Improvement of Ukrainian Industrial Enterprises*. Poznań: Wydawnictwo naukowe WSPiA, 137–162.
16. Liu, H., Wang, L., Li, Z., & Hu, Y. (2019). Improving Risk Evaluation in FMEA With Cloud Model and Hierarchical TOPSIS Method. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 27 (1), 84–95. doi: 10.1109/TFUZZ.2018.2861719.
17. Oliveira, J.B., Jin, M., Lima, R.S., Kobza, J.E., & Montevechi, J.A.B. (2019). The role of simulation and optimization methods in supply chain risk management: Performance and review standpoints. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 92, 17–44. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2018.11.007>.
18. Ouabouch, L., & Pache, G. (2014). Risk Management In The Supply Chain: Characterization And Empirical Analysis. *Journal of Applied Business Research (JABR)*, 30 (2), 329–340. <https://doi.org/10.19030/jabr.v30i2.8401>.
19. Stefanova, M. (2022). *Integrating Quality and Risk Management in Logistics*. IntechOpen, London. <https://dx.doi.org/10.5772/103050>.
20. Tillmanns, S., & Krafft, M. (2022). Logistic Regression and Discriminant Analysis. In: Homburg, C., Klarmann, M., Vomberg, A. (eds) *Handbook of Market Research*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57413-4_20.
21. Vakhovych, I., Kryvovyazyuk, I., Kovalchuk, N., Kaminska, I., Volynchuk, Y., & Kulyk, Y. (2021). Application of Information Technologies for Risk Management of Logistics Systems. *62nd International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS)*, 1–6. doi: 10.1109/ITMS52826.2021.9615297.
22. Wu, P.-J., & Chaipiyaphan, P. (2020). Diagnosis of delivery vulnerability in a logistics system for logistics risk management. *The International Journal of Logistics Management*, 31 (1), 43–58. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2019-0069>.
23. Yang, Q., Wang, Y., & Ren, Y. (2019). Research on financial risk management model of internet supply chain based on data science. *Cognitive Systems Research*, 56, 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2019.02.001>.

Дата подання публікації 08.08.2022 р.