

УДК 651.1
JEL Classification: C44, L91, M11

DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2025.2.35>

Папінко А.І.,
PhD, старший викладач кафедри транспорту і логістики,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8515-9376>,
Лоїк І.О.,
здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти*
за спеціальністю «Менеджмент»,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9348-8860>,
Мишко С.А.,
*здобувач** третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти*
за спеціальністю «Менеджмент»,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0356-1178>,
Коваль Ю.Б.,
*здобувач*** третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти*
за спеціальністю «Менеджмент»,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5172-8672>,
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ: РОЛЬ АНАЛІТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Papinko A.I.,
can.d.sc.(econ.),
senior lecturer at the department of transport and logistics,
Loik I.O.,
candidate for the third (educational and scientific) level
of higher education in the specialty “Management”,
Myshko S.A.,
candidate for the third (educational and scientific) level
of higher education in the specialty “Management”,
Koval Yu.B.,
candidate for the third (educational and scientific) level
of higher education in the specialty “Management”,
West Ukrainian National University, Ternopil

OPTIMIZATION OF LOGISTICS PROCESSES IN THE ECONOMY: THE ROLE OF ANALYTICAL MODELING AND FUZZY LOGIC

Постановка проблеми. В умовах нестабільної та мінливої економіки України впровадження логістичних проектів стикається зі значними викликами, оскільки традиційні методи прогнозування ефективності не здатні врахувати багатофакторну невизначеність та підвищені ризики, що створює потребу у розробці та впровадженні аналітичних моделей, які здатні інтегрувати динамічні, якісні та нечіткі дані, а також ефективно систематизувати великі обсяги даних. На відміну від обмежених традиційних статистичних підходів, застосування нечіткої логіки є перспективним напрямком для побудови більш точних, адаптивних та надійних прогностичних систем, які є критично важливі для ефективного управління логістичними процесами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В сучасній літературі є багато наукових робіт, спрямованих на оптимізацію логістичних процесів в економіці. Тому проаналізуємо роботи, які пропонують найбільший ефект від використання оптимізаційних логістичних процесів.

* Наук. керівник: Попович П.В. – д-р техн. наук, професор

** Наук. керівник: Попович П.В. – д-р техн. наук, професор

*** Наук. керівник: Попович П.В. – д-р техн. наук, професор

Так, автори роботи [1] розглядають теорію моделювання транспортно-логістичних систем та міжнародний досвід у цій сфері. Дослідження спрямоване на застосування економіко-математичного моделювання для прогнозування поведінки логістичних систем. Автори визначають ключові вимоги до побудови ефективної моделі, такі як відповідність реальній системі, допустима точність, здатність виявити нові властивості. Особлива увага приділяється математичному моделюванню, що дозволяє досліджувати систему без втручання в її функціонування та визначати гранично допустимі значення параметрів.

Автор праці [2] досліджує проблеми прогнозування економічної ефективності логістичних систем, наголошуючи на багатофакторній оцінці та неефективності традиційних підходів до вирішення задач. Він пропонує впровадження нових технологій аналітичного моделювання. Основа дослідження зосереджена на акцентуванні моделювання при оцінці економічної ефективності ланцюгів постачань, зокрема, з позиції управління матеріальними потоками та їх класифікації, щоб уникнути помилок через багатовимірність. Також автор підкреслює важливість розробки та вдосконалення аналітичних підходів для ефективної систематизації великих обсягів інформації, що стосується елементів та параметрів логістичних ланцюгів.

У роботі [3] обґрунтовують необхідність використання математичного та комп'ютерного моделювання для аналізу функціонування логістичних систем. Відзначається, що логістичні процеси є динамічними та мінливими, що ускладнює їх управління без ефективних інструментів. Дослідження базується на аналізі існуючих методів моделювання, таких як аналітичне, імітаційне, якісне та кількісне моделювання, а також вивчає їх застосування в різних типах моделей.

Дослідження [4] пропонує ієрархічну аналітичну модель для ефективного управління інтегрованими логістичними системами. Дослідження включає розробку багаторівневої моделі, яка дозволяє аналізувати взаємозв'язки між різними аспектами логістики та їхній вплив на загальну продуктивність. Робота спрямована на подолання обмежень традиційних підходів до оцінки ефективності, які часто фокусуються лише на окремих функціональних областях. Запропонована модель має допомогти приймати більш обґрунтовані рішення, покращуючи координацію між різними ланками ланцюга постачання.

Проте, малодослідженою залишається проблема формування інтегрованих моделей оптимізації логістичних процесів, у яких аналітичне моделювання поєднується з методами нечіткої логіки, а також забезпечується адаптивність системи до умов невизначеності. Саме подолання цих прогалин становить ключове наукове завдання та визначає інноваційну складову сучасних досліджень у сфері логістики.

Постановка завдання. Мета дослідження полягає в обґрунтуванні інноваційних підходів до аналітичного моделювання економічної ефективності логістичних систем, здатних інтегрувати комплексні та множинні логістичні функції в єдину систему управління.

Виклад основного матеріалу дослідження. В умовах української економіки, що постійно змінюється, характеризується складністю та непередбачуваністю, впровадження логістичних проєктів потребує особливого підходу. Одним з ключових моментів є ретельне прогнозування їхньої економічної доцільності, приділяючи при цьому першочергову увагу точній оцінці та передбаченню всіх можливих підвищених ризиків. Оцінка економічної ефективності стикається з серйозними труднощами через її багатофакторність. На результат впливають численні змінні, зокрема обрана модель реалізації та постійні зміни у вихідних даних. Через це традиційні методи розв'язання таких некоректних задач часто виявляються малоефективними, не забезпечуючи достовірних результатів [5], що, своєю чергою, створює нагальну потребу у впровадженні нових технологій аналітичного моделювання для поглибленого розуміння та оптимізації функціонування логістичних систем. Враховуючи значний внесок українських та іноземних науковців [1-4; 6-9], сьогодні особливо актуальним є фокусування на моделюванні як основному інструменті для оцінки економічної ефективності ланцюгів постачань. Для ефективного управління матеріальними потоками особливо важливо переглянути та переосмислити підходи до їх класифікації. Матеріальні потоки є багатовимірними, тому їх неналежна систематизація призводить до неминучих, значних помилок під час моделювання відповідних процесів. Ця проблема поглиблюється, коли прагнення до зниження витрат реалізується без розробки чи вдосконалення аналітичних динамічних методів, які здатні інтегрувати декілька логістичних функцій одночасно. Фактично, без таких інноваційних інструментів, оптимізація ризикує бути неефективною або навіть хибною. Під час проведення розрахунків часто виникає ситуація, коли базові методики та моделі використовуються лише як ілюстративні приклади, що свідчить про необхідність розробки та вдосконалення аналітичних підходів для ефективної систематизації великих обсягів інформації, що стосується елементів і параметрів логістичних ланцюгів [1-4; 6-9].

Адекватне моделювання економічних процесів у логістичних системах України є надзвичайно відповідальним завданням. Адже саме від точності цих моделей залежить вплив управлінських рішень на кінцеві результати. Саме тому цей процес вимагає використання складних аналітичних методів, що враховують динаміку процесів і базуються на коректній, точній вихідній інформації. Нерідко для цього

доводиться залучати потужний математичний апарат та комп'ютерні засоби. На цьому фундаменті виникає необхідність вирішення низки складних математичних задач. Щоб досягти адекватності та ефективності моделей і методик під час моделювання, вкрай важливо враховувати багатофакторність системи, що піддається впливу численних факторів [5]. Сюди можна віднести як динамічність вихідних даних, яка проявляється у їхній неоднозначності, неточності, невизначеності та інших змінних характеристиках, так і специфіку об'єктів, що моделюються. Останні зокрема, можуть мати конфліктну природу, демонструвати ігрову невизначеність, потребувати детального опису, а також враховувати існуючі ресурсні обмеження.

Розглянуті чинники відіграють ключову роль у розв'язанні аналітичних завдань з управління складними динамічними системами. Саме вони підкреслюють критичну важливість досліджень, які враховують багатофакторну невизначеність. Традиційні підходи математичної статистики, що часто застосовуються в логістиці, стикаються з рядом обмежень, ігнорування яких може призвести до невірних та хибних рішень [10-12]. Хоча традиційні підходи математичної статистики є сталим фундаментом багатьох аналітичних методів у логістиці, вони, згідно з дослідженнями, стикаються з низкою значних обмежень, ігнорування яких може призвести до серйозних помилок у прийнятті рішень. Основним із таких обмежень є нестабільність моделей розподілів ймовірності. Обмеження відбувається тоді, коли вихідна інформація є неповною або фрагментованою, що робить прогнози ненадійними. Крім того, існує гостра потреба враховувати фактори невизначеності нестатистичної природи [5; 13]. Сюди належать такі явища, як експертно-лінгвістична невизначеність, де суб'єктивність людських оцінок або неточність термінології може спотворювати дані, а також суб'єктивність оцінок в цілому. Традиційна статистика часто не здатна ефективно працювати з такими даними. Наступним, не менш важливим викликом є неможливість одержання достатніх статистичних ситуаційних даних з реальних організаційно-технічних систем. Більшість логістичних процесів є надто складними, динамічними або унікальними, щоб генерувати великі обсяги однорідних даних, необхідних для класичного статистичного аналізу. Також, значні труднощі виникають при необхідності врахування взаємовиключної інформації. Суперечливі дані або оцінки, які надходять з різних джерел, можуть призводити до значних проблем при їх коректній формалізації у математичних моделях, роблячи їх менш репрезентативними для реальної ситуації.

Удосконалення та систематизація нових математичних підходів, особливо ті, які використовуються для моделювання та обробки нечітких даних і множин, демонструють, що на якість аналітичних моделей впливає цілий комплекс критичних чинників. Насамперед основним викликом є складність опису динамічних процесів в умовах нестатистичної невизначеності. Традиційні методи неспроможні охопити такий об'єм інформації, що призводить до неможливості адекватного застосування семантичних модальностей нечітких даних, де сенс і контекст є основою. Крім того, серйозною проблемою залишається неможливість уніфікованого опису інформації одночасно за кількісними та якісними показниками. Багато важливих аспектів логістичних систем, таких як суб'єктивні оцінки ризиків або якість обслуговування, важко перевести у виключно числові значення без втрати їхнього смислового наповнення. У зв'язку з цим, найбільш раціональним та перспективним підходом для ефективного розв'язання задач в таких умовах є застосування аналітичних моделей нечіткої логіки. Цей підхід дозволяє узагальнити описи невизначеності у більш гнучкий та інтуїтивно зрозумілий спосіб. Впровадження нечіткої логіки сприятиме подальшому розвитку ефективного математичного та програмного забезпечення, необхідного для побудови адаптивних та стійких логістичних систем в сучасних умовах, що, своєю чергою, дозволить створювати більш точні та надійні аналітичні моделі, здатні враховувати всі нюанси реальних процесів.

Розвиток методів прогнозування є результатом багаторічних та глибоких наукових досліджень у відповідних галузях. Однак, незважаючи на ці значні напрацювання, розв'язання аналітичними методами таких прогностичних задач досі пов'язане зі значними складнощами. Пояснюється це тим, що реальні системи, насамперед логістичні, є надзвичайно комплексними і містять у собі інформацію різноманітного характеру. Слід зазначити, математичний апарат володіє унікальною здатністю формалізувати інформацію різного характеру в єдиній системі, що дозволяє інтегрувати як традиційні статистичні дані, так і чітко визначені параметри, а також інтервальні дані, які відображають певний діапазон можливих значень. Проте, особлива цінність полягає в тому, що саме формалізми нечіткої логіки, зокрема теорії нечітких множин, здатні забезпечити раціональний та коректний облік специфічної експертної інформації [5; 10; 14]. Ці фактори стають надзвичайно актуальними для логістичних задач, де часто доводиться покладатися на інтуїцію, досвід фахівців, якісні оцінки та нечіткі формулювання, які неможливо повноцінно виразити суто числовими показниками. Інтеграція таких знань є ключовою для побудови більш точних і адаптивних прогностичних моделей.

Висновки з проведеного дослідження. Підсумовуючи, можна зазначити що в умовах, складної та непередбачуваної української економіки, успішна реалізація логістичних проектів вимагає нового підходу, зосередженого на ретельному прогнозуванні економічної доцільності та точній оцінці підвищених ризиків. Багатофакторність цих систем робить традиційні аналітичні методи неефективними, зумовлюючи гостру потребу у впровадженні інноваційних технологій аналітичного

моделювання, до яких можемо віднести переосмислення класифікації багатовимірних матеріальних потоків, для уникнення помилок у моделюванні, розробку динамічних методів, здатних інтегрувати кілька логістичних функцій одночасно. Адекватне моделювання економічних процесів у логістичних системах вимагає застосування складних аналітичних підходів, які можуть враховувати динаміку, неоднозначність та ресурсні обмеження, а також існує потреба у потужному математичному апараті та комп'ютерних засобах для вирішення задач і моделювання в динамічній постановці. Наведенні чинники підкреслюють важливість досліджень, які враховують багатофакторну невизначеність, оскільки традиційна математична статистика стикається з обмеженнями через неповну інформацію, необхідність врахування нестатистичних факторів та труднощі з отриманням статистичних даних. Саме тому найбільш раціональним є використання аналітичних моделей нечіткої логіки, що дозволяє узагальнити описи невизначеності та сприяє розвитку ефективного математичного та програмного забезпечення для створення більш точних і адаптивних прогностичних моделей логістичних систем.

Література

1. Меркт О. Р., Меркт О. В. Теорія моделювання транспортно-логістичних систем. Міжнародний досвід. *Проектний та логістичний менеджмент. Нові знання на базі двох методологій* : зб. матеріалів конф. IV-ї Міжнар. наук.-практ. конф., (м. Одеса, 7-8 лист. 2024 р.). Одеса : ОНМУ, 2024. С. 202-206.
2. Януш М. В. Прогнозування економічної ефективності логістичних систем. *Актуальні задачі сучасних технологій* : Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (м. Тернопіль, 16-17 лист. 2017 р.). Тернопіль : ТНТУ, 2017. С. 86-87.
3. Потапова Н., Волонтир Л., Зелінська О. Математичне та комп'ютерне моделювання функціонування логістичних процесів та систем. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2022. № 307. Том 2. С. 73-80. DOI: doi.org/10.31891/2307-5732-2022-307-2-73-79.
4. Mohanty M., Shankar R. A hierarchical analytical model for performance management of integrated logistics. *Journal of Management Analytics*. 2019. Vol. 6:2. P. 173-208. DOI: doi.org/10.1080/23270012.2019.1608326.
5. Нестеренко О. В., Савенко О. І., Фаловський О. О. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень : навч. посібн. / За ред. П. І. Бідюкова. Київ : Національна академія управління, 2016. 188 с.
6. Логістика : навч. посіб. / Безугла Л. С., Юрченко Н. І., Ільченко Т. В. Та ін. Дніпро : Пороги, 2021. 252 с.
7. Біліченко В. В., Буренніков Ю. Ю., Романюк С. О. Основи логістики : навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 129 с.
8. Марченко В. М., Шутюк В. В. Логістика : підручник. Київ : Видавничий дім «Артек», 2018. 312 с.
9. Підвищення ефективності ланцюгів поставок / Чорна О. В., Попович П. В., Маяк М. М. та ін. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки* : зб. наук. пр. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. Вип. 7(38). Ч. 1. С. 258-265. DOI: doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.258-265.
10. Зінов'єва О. Г. Використання нечіткої логіки в системах прийняття рішень. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2025. № 1(92). Том 2. С. 71-75. DOI: doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.2.10.
11. Фалович Н. М., Попович П. В., Шевчук О. С. Структура і потенціал логістичного сектору України. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки* : зб. наук. пр. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. Вип. 7(38). Ч. 1. С. 280-286. DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.280-286
12. Попович П. В., Шевчук О. С., Дзюра В. О., Бабій М. В. Аналіз ринку автотранспортних перевезень України. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2017. № 2. С. 124-130.
13. Дзядикевич Ю. В., Фалович Н. М., Попович П. В. Зарубіжна практика регулювання автомобільних перевезень. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки* : зб. наук. пр. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. Вип. 5(36). Ч. 2. С. 240-245. DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).2.240-245
14. Emerging Digital Technologies Driven Approach to Increase the Supply Chains Competitvity / Dombrovskiy V., Dombrovskiy M., Komar M., Semaniuk V., Liakhovych G. 2023 *IEEE 12th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*. Dortmund, Germany, 2023. P. 1241-1246. DOI: 10.1109/IDAACS58523.2023.10348902.

References

1. Merkt, O.R. and Merkt, O.V. (2024), "Theory of modeling of transport and logistics systems. International experience", *Proiektnyi ta lohistrychnyi menedzhment. Novi znannia na bazi dvokh metodolohii* :

zb. materialiv konf. IV-yi Mizhnar. nauk.-prakt. konf. [Project and logistics management. New knowledge based on two methodologies: collection of materials of the 4th International Scientific and Practical Conference], (Odesa, November 7-8, 2024) ONMU, Odesa, Ukraine.

2. Yanush, M.V. (2017), "Forecasting the economic efficiency of logistics systems", *Aktualni zadachi suchasnykh tekhnolohii : Zbirnyk tez dopovidei VI Mizhnarodnoi nauково-tekhnichnoi konferentsii molodykh uchenykh ta studentiv* [Actual problems of modern technologies : Collection of abstracts of the VI International scientific and technical conference of young scientists and students] (Ternopil, November 16-17 2017), TNTU, Ternopil, Ukraine, P. 86-87.

3. Potapova, N., Volontyr, L. and Zelinska, O. (2022), "Mathematical and computer modeling of the functioning of logistics processes and systems", *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technichni nauky*, no. 307, Volume 2, DOI: doi.org/10.31891/2307-5732-2022-307-2-73-79.

4. Mohanty Mahamaya, Shankar Ravi. (2019), "A hierarchical analytical model for performance management of integrated logistics", *Journal of Management Analytics*, Vol. 6:2. DOI.org/10.1080/23270012.2019.1608326.

5. Nesterenko, O.V., Savenko, O.I., and Falovskiy, O.O. (2016), *Intelektualni systemy pidtrymky pryiniattia rishen: Navch. posibn.* [Intelligent decision support systems: Study guide] (P.I. Bidiukov, Ed.). Natsionalna akademiia upravlinnia, Kyiv, 188 p.

6. Bezuha, L.S., Yurchenko, N.I., Ilchenko, T.V., Palchuk, I.M., and Volovyk, D.V. (2021), *Lohistyka: navch. posib.* [Logistics: Study guide]. Porohy, Dnipro 252 p.

7. Bilichenko, V.V., Buriennikov, Yu.Yu. and Romaniuk, S.O. (2017), *Osnovy lohistyky: navchalny posibnyk* [Fundamentals of logistics: Study guide]. VNTU, Vinnytsia, Ukraine, 129 p.

8. Marchenko, V.M., and Shutiuk, V.V. (2018), *Lohistyka: Pidruchnyk* [Logistics: Textbook]. Artek, Kyiv, Ukraine, 312 p.

9. Chorna, O.V., Popovych, P.V., Maiak, M.M., et al. (2023). "Increasing the efficiency of supply chains". *Tsentralkoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky*, no. 7(38) DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.258-265.

10. Zinovieva, O.H. (2025), "Using fuzzy logic in decision-making systems". *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, no. 2(1). DOI: https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.2.10.

11. Falovich, N.M., Popovich, P.V. and Shevchuk, O.S. (2023), "Structure and potential of the logistics sector of Ukraine". *Tsentralkoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky*, no. 7(38), pp. 280-286, DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.280-286

12. Popovych, P.V., Shevchuk, O.S., Dziura, V.O. and Babii, M.V. (2017), "Analysis of the Ukrainian road transport market", *Visnyk mashynobuduvannia ta transport*, no. 2, pp. 124-130.

13. Dziadykevych, Yu.V., Falovych, N.M. and Popovych, P.V. (2022), "Foreign practice of regulating road transport", *Tsentralkoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky*, no. 5(36), pp. 240-245, DOI: https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).2.240-245

14. Dombrovskiy, V., Dombrovskiy, M., Komar, M., Semaniuk, V. and Liakhovych, G., (2023), "Emerging Digital Technologies Driven Approach to Increase the Supply Chains Competitvity", *IEEE 12th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*, Dortmund, Germany, 2023, pp. 1241-1246, DOI: 10.1109/IDAACS58523.2023.10348902.

Папінко А.І., Лоїк І.О., Мишко С.А., Коваль Ю.Б.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ: РОЛЬ АНАЛІТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні можливостей оптимізації логістичних процесів на основі застосування методів аналітичного моделювання та інструментарію нечіткої логіки для підвищення ефективності управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками в умовах невизначеності та ризику.

Методика дослідження. Методичною основою дослідження є системний і комплексний підхід до аналізу логістичних систем в умовах багатофакторної невизначеності. У процесі дослідження використано методи теоретичного узагальнення, наукової абстракції, аналізу та синтезу – для виявлення обмежень традиційних статистичних підходів до оцінювання економічної ефективності логістичних процесів. Застосовано порівняльний аналіз класичних методів математичної статистики та сучасних інструментів моделювання нечітких даних. Теоретико-методичне обґрунтування використання апарату теорії нечітких множин і нечіткої логіки здійснено на основі формалізації експертно-лінгвістичної, інтервальної та суперечливої інформації, характерної для логістичних систем. Дослідження має концептуально-аналітичний характер і спрямоване на розробку підходів до побудови адаптивних моделей прогнозування економічної ефективності логістичних проєктів.

Результати дослідження. Обґрунтовано доцільність використання аналітичних моделей на основі нечіткої логіки для оптимізації логістичних процесів в умовах нестабільного економічного

середовища. Визначено ключові обмеження традиційних статистичних методів при роботі з неповною, суперечливою та нестатистичною інформацією. Запропоновано підхід до інтеграції множинних логістичних функцій у межах єдиної адаптивної моделі, що забезпечує підвищення точності прогнозування економічної ефективності та зниження ризиків управлінських рішень. Доведено необхідність уніфікованого опису матеріальних потоків з урахуванням їх багатовимірності та динамічності.

Наукова новизна результатів дослідження. Розвинуто теоретико-методичні засади аналітичного моделювання логістичних систем на основі нечіткої логіки з урахуванням багатофакторної невизначеності українського економічного середовища. Удосконалено підхід до оцінювання економічної ефективності логістичних процесів шляхом інтеграції якісних та кількісних параметрів у межах єдиної моделі. Набули подальшого розвитку положення щодо використання експертно-лінгвістичної інформації у прогнозуванні та управлінні складними динамічними системами.

Практична значущість результатів дослідження. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання для розробки програмного та математичного забезпечення систем підтримки прийняття рішень у сфері логістики. Запропоновані підходи можуть бути впроваджені в діяльність підприємств для підвищення точності прогнозування, оптимізації матеріальних потоків, мінімізації витрат та зниження рівня ризику в умовах невизначеності. Отримані результати також можуть бути використані у навчальному процесі при підготовці фахівців з управління логістичними системами та економіко-математичного моделювання.

Ключові слова: логістичні системи, аналітичне моделювання, багатофакторна невизначеність, ланцюги постачань, нечітка логіка.

Papinko A.I., Loik I.O., Myshko S.A., Koval Yu.B.

OPTIMIZATION OF LOGISTICS PROCESSES IN THE ECONOMY: THE ROLE OF ANALYTICAL MODELING AND FUZZY LOGIC

Purpose. The aim of the study is to substantiate the possibilities of optimizing logistics processes based on the application of analytical modeling methods and fuzzy logic tools to improve the efficiency of managing material, information, and financial flows in conditions of uncertainty and risk.

Methodology of research. The methodological basis of the study is a systematic and comprehensive approach to the analysis of logistics systems in conditions of multifactorial uncertainty. In the course of the study, methods of theoretical generalization, scientific abstraction, analysis, and synthesis were used to identify the limitations of traditional statistical approaches to assessing the economic efficiency of logistics processes. A comparative analysis of classical methods of mathematical statistics and modern tools for modeling fuzzy data was applied. The theoretical and methodological justification for the use of the apparatus of fuzzy set theory and fuzzy logic was carried out on the basis of formalization of expert-linguistic, interval, and contradictory information characteristic of logistics systems. The study is conceptual and analytical in nature and aims to develop approaches to building adaptive models for forecasting the economic efficiency of logistics projects.

Findings. The feasibility of using analytical models based on fuzzy logic to optimize logistics processes in an unstable economic environment has been substantiated. Key limitations of traditional statistical methods when working with incomplete, contradictory, and non-statistical information have been identified. An approach to integrating multiple logistics functions within a single adaptive model is proposed, which improves the accuracy of economic efficiency forecasting and reduces the risks of management decisions. The need for a unified description of material flows, taking into account their multidimensionality and dynamism, has been proven.

Originality. Theoretical and methodological foundations of analytical modeling of logistics systems based on fuzzy logic have been developed, taking into account the multifactorial uncertainty of the Ukrainian economic environment. The approach to assessing the economic efficiency of logistics processes has been improved by integrating qualitative and quantitative parameters within a single model. The provisions on the use of expert-linguistic information in forecasting and managing complex dynamic systems have been further developed.

Practical value. The practical significance of the results obtained lies in the possibility of their use for the development of software and mathematical support for decision-making systems in the field of logistics. The proposed approaches can be implemented in the activities of enterprises to improve the accuracy of forecasting, optimize material flows, minimize costs, and reduce the level of risk in conditions of uncertainty. The results obtained can also be used in the educational process in the training of specialists in logistics systems management and economic and mathematical modeling.

Key words: logistics systems, analytical modeling, multifactor uncertainty, supply chains, fuzzy logic.

Дата надходження рукопису: 05.05.2025

Дата прийняття рукопису до друку: 06.06.2025

Дата публікації: 30.06.2025