

DOI: [10.32702/2307-2105-2021.12.90](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.12.90)

УДК 330.46.2

*I. I. Сидоренко,
к. пед. н., доцент кафедри фундаментальних дисциплін,
Національна академія Національної гвардії України
ORCID ID: 0000-0001-7434-682X*

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВІЙСЬКОВИХ ЧАСТИН НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ В РАМКАХ ЛАНЦЮЖКІВ ПОСТАЧАННЯ

*I. Sydorenko
PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Fundamental Subjects,
National Academy of the National Guard of Ukraine*

MATHEMATICAL MODELING OF LOGISTIC PROCESSES OF MILITARY UNITS OF THE NATIONAL GUARD OF UKRAINE IN THE FRAMEWORK OF SUPPLY CHAINS

У даній статті подано розробку методики математичного моделювання логістичних процесів військових частин Національної гвардії України в рамках ланцюжків постачання. У якості наукової новизни отриманих результатів виступає розробка теоретико-методологічних засад щодо моделювання логістичних процесів військових частин Національної гвардії України в рамках ланцюжків постачання. В даній роботі пропонується формалізоване подання процесу здійснення логістичної взаємодії військових частин Національної гвардії України в рамках ланцюжків постачання. За допомогою інструментарію нечіткої логіки в статті описана задача координації рішень на основі вже визначених стратегічних переваг учасників логістичного співтовариства та перерозподілені на випадок можливих збоїв функцій. Така координація дає можливість досягти оптимізації комерційної взаємодії військової частини та її партнерів за логістичним ланцюжком. В роботі за кожним етапом прописаний процес вирішення задачі координації управління в технологічному ланцюжку. Координуючі сигнали в контексті даного дослідження пропонується вважати нечіткими числами, які можуть бути описані за допомогою лінгвістичних висловлень. Описаний процес вирішення задачі координації управління в технологічному ланцюжку враховує необхідність вирішення локальних задач оптимізації кожним учасником ланцюжка та визначення відповідних показників. У статті розглянуто задачу уточнення командуванням військових частин координуючих сигналів, яка є задачею лінійного програмування з нечіткою цільовою функцією та нечіткими обмеженнями щодо координуючих сигналів. В даному дослідженні задачу досягнення нечітко поставленої цілі при нечіткому обмеженні пропонується вирішувати на основі принципу злиття. Завершальним етапом пропонованої методики є прийняття рішення командуванням військових частин з можливістю ітераційного повторення процедури у випадку незадоволеності командування отриманими результатами. Розглядається механізм вирішення інформаційних конфліктів військової частини з партнерами за ланцюжком постачання, що знижують ефективність функціонування логістичного ланцюжка. Подолання інформаційних конфліктів в даній статті пропонується здійснювати за допомогою методики рефлексивного прогнозування, центральним ядром якого є метод

прогнозного сценарію. Цей метод у даному дослідженні реалізується за посередництвом тактичних рішень. Практичне значення отриманих результатів полягає в формуванні і відповідних рекомендацій командуванню військових частин стосовно оптимізації логістичних процесів.

This article presents the development of methods for mathematical modeling of logistics processes of military units of the National Guard of Ukraine in the supply chain. The interconnection of military units of the National Guard of Ukraine within supply chains is most effective in today's economic environment due to the fact that the information system in this case is a central node, coordinating and integrating the functions of supply systems, significantly reducing maintenance costs. The scientific novelty of the obtained results is the development of theoretical and methodological principles for modeling the logistics processes of military units of the National Guard of Ukraine in the supply chain. This paper proposes a formalized presentation of the process of logistical interaction of military units of the National Guard of Ukraine within the supply chain. Using the tools of fuzzy logic, the article describes the task of coordinating decisions based on the already identified strategic advantages of the members of the logistics community and redistributed in case of possible failures of functions. Such coordination makes it possible to optimize the commercial interaction of the military unit and its partners in the logistics chain. In the work at each stage the process of solving the problem of coordination of management in the technological chain is prescribed. Coordinating signals in the context of this study are proposed to be considered fuzzy numbers that can be described using linguistic expressions. The described process of solving the problem of coordination of management in the technological chain takes into account the need to solve local optimization problems by each participant in the chain and determine the relevant indicators. The article considers the task of refining the command of military units of coordinating signals, which is a task of linear programming with a fuzzy target function and fuzzy constraints on coordinating signals. In this study, the task of achieving a vague goal with a vague constraint is proposed to solve on the basis of the principle of merger. The final stage of the proposed method is the decision of the command of military units with the possibility of iterative repetition of the procedure in case of dissatisfaction of the command with the results. The mechanism of resolving information conflicts of the military unit with partners in the supply chain that reduce the efficiency of the logistics chain is considered. Overcoming information conflicts in this article is proposed to be carried out using the method of reflective forecasting, the central core of which is the method of forecasting scenario. This method in this study is implemented through tactical decisions. The practical significance of the results is the formation and appropriate recommendations to the command of military units regarding the optimization of logistics processes.

Ключові слова: ланцюжок постачання; інформаційні конфлікти; командування; військові частини; математичне моделювання; управлінські рішення.

Keywords: supply chain; information conflicts; command; military units; mathematical modeling; management decisions.

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток сучасних технологій спричиняє зміну стратегічних пріоритетів організацій в напрямку модернізації інформаційної системи здійснення логістичної діяльності. Внаслідок таких змін компанії стають високотехнологічними, тобто такими, що мають найбільш сучасну технологічну платформу, яка являється продуктивною силою логістичних процесів. У цих умовах компанії прагнуть розвиватися в руслі інших організацій, у результаті чого утворюються так звані логістичні ланцюжки. У рамках даних ланцюжків відбувається об'єднання організацій для того, щоб кожна компанія могла здійснювати логістичну діяльність на високому професійному рівні та передавати партнерам і підрядникам ті операції, які останніми можуть бути виконані ефективніше та швидше.

В таких умовах здійснення логістичних процесів військові частини Національної гвардії України мають відбуватися в рамках відповідних ланцюжків постачання.

Саме тому з метою оптимізації логістичних ланцюжків постачання актуального значення набуває наукова та практична проблематика математичного моделювання логістичних процесів військових частин Національної гвардії України в рамках ланцюжків постачання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженнях [1-4] міститься обґрунтування ключових варіантів методичного забезпечення оцінки ефективності логістичних процесів закупівель для потреб військових частин Національної гвардії України. У наукових статтях [5-7] пропонуються основні механізми покращання та оптимізації структури інформаційного забезпечення логістичних процесів сучасної організації. Стосовно оптимізації процесів управління інформаційними потоками функціонування системи логістики інформація викладена в наукових працях [8, 9]. Педагогічні аспекти у вигляді формування компетентностей офіцерів Національної гвардії України щодо управління системою логістики та взаємопов'язаних ланцюжків постачання розглянута в роботі [10].

В той же час на сьогодні в спеціалізованій літературі відсутній методичний підхід стосовно моделювання логістичних процесів військових частин Національної гвардії України в рамках ланцюжків постачання.

Необхідність розроблення комплексу економіко-математичних моделей логістичних процесів військових частин Національної гвардії України в рамках ланцюжків постачання також викликана тим, що перераховані роботи не враховують специфіку функціонування логістичних співтовариств.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є розробка методики математичного моделювання логістичних процесів військових частин Національної гвардії України в рамках ланцюжків постачання.

Виклад основного матеріалу. Взаємозв'язок військових частин Національної гвардії України в рамках ланцюжків постачання має найбільшу ефективність в умовах сучасного економічного середовища внаслідок того, що інформаційна система в цьому випадку виступає центральним вузлом, координуючи та інтегруючи функції забезпечуючих систем, істотно знижуючи витрати на обслуговування ланок ланцюжка.

Формалізоване подання процесу здійснення логістичної взаємодії військових частин Національної гвардії України в рамках ланцюжків постачання можна представити в наступному виді. Командування військових частин прагне досягти наступних цілей:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^n OS_i \rightarrow \max_{OS_i}, \quad (1)$$

$$Q_2 = \sum_{i=1}^n RO_i \rightarrow \min_{RO_i}, \quad (2)$$

$$Q_3 = \sum_{i=1}^n IB_i \rightarrow \max_{IB_i} \quad (3)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{i=1}^n zi_i^{вих} \leq zi_0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n OP_i^{вих} \geq OP_0 \quad (5)$$

Критерій (2) відображає прагнення командування військових частин максимізувати обсяг переданих зовнішнім структурам логістичних операцій (з метою зниження витрат і досягнення економічного ефекту масштабу); критерій (3) – мінімізацію ризику RO_i i -ої логістичної операції, а критерій (4) ураховує бажання командування військових частин збільшувати обсяг IB релевантної інформації про середовище логістичного мережевого співтовариства. Вирази (5), (6) відображають необхідність для командування військових частин

звести вихідні обсяг витрат $zi_i^{вих}$ і величину обсягу продажів $OP_i^{вих}$ по i -ій логістичній операції до рівня не гірше деяких прийнятних величин zi_0 і OP_0 відповідно.

У процесі функціонування технологічного ланцюжка з метою оптимізації комерційної взаємодії партнерів необхідно здійснювати координацію рішень на основі вже визначених стратегічних переваг учасників співтовариства та перерозподілених на випадок можливих збоїв функцій. Аналогічно процесам у виробничо-економічних системах [3] задача координації може бути описана нечіткими моделями, на базі яких вирішуються локальні задачі векторної оптимізації.

Компанія виробляє нечіткі координуючі сигнали φ_k , які надходять до k -ого учасника ланцюжка та забезпечують такі співвідношення показників учасників, які максимізують функцію

$$\Phi_0 = \sum_{k=1}^K \varphi_k \tilde{p}_k \rightarrow \max_{P_k}$$

при обмеженнях $\Phi_k(\tilde{p}, \varphi) \geq PO_k$,

де \tilde{p}_k - показники – тактичні параметри партнерів за ланцюжком; PO_k – прийняті в технологічному ланцюжку обмеження за основними показниками k-ого учасника (кількість таких обмежень відповідає числу показників).

Показниками партнерів за технологічним ланцюжком будуть виступати наступні лінгвістичні змінні:

\tilde{p}_1 - інтенсивність використання виробничих потужностей;

\tilde{p}_2 - рівень стандартизації логістичних процесів;

\tilde{p}_3 - масштаб маркетингових ініціатив;

\tilde{p}_4 - рівень використання систем електронної комерції;

\tilde{p}_5 - величина доступу до ринку на основі використання інтернет-каналів.

Дані лінгвістичні змінні можуть бути описані наступних терм-множинами:

$\tilde{P}_1 = \{ \text{висока, середня по ланцюжку, низька} \};$

$\tilde{P}_2 = \{ \text{переважна стандартизація, часткова стандартизація, незначна стандартизація} \};$

$\tilde{P}_3 = \{ \text{значний, середній по ланцюжку, низький} \};$

$\tilde{P}_4 = \{ \text{високий, середній по ланцюжку, низький} \};$

$\tilde{P}_5 = \{ \text{повне охоплення ринку, охоплення переважної частки ринку, частковий доступ лише до деяких сегментів} \}.$

Процес вирішення задачі координації управління в технологічному ланцюжку складається з наступних етапів.

Етап 1. Формування початкових значень координуючих сигналів φ_k^0 командування військових частин k-ому учасникові логістичного співтовариства.

Координуючі сигнали є нечіткими числами й можуть бути описані за допомогою лінгвістичних висловлень «збільшити», «зменшити», «залишити». Функції приналежності координуючих сигналів можна

$$\text{визначити як } \mu_{\varphi_k} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \Phi_0 \leq PO_0 - \&, \\ \mu(\&), & \text{якщо } PO_0 - \& < \Phi_0 < PO_0, \\ 1, & \text{якщо } \Phi_0 \geq PO_0. \end{cases}$$

Тут PO_0 – прийнятне для командування військових частин значення цільової функції; $\&$ - деякий поріг, такий що нерівність $\Phi_0 < PO_0 - \&$ означає сильне порушення нерівності $\Phi_0 \geq PO_0$.

Етап 2. Вирішення локальних задач оптимізації кожним учасником технологічного ланцюжка та визначення показників \tilde{p}_k .

Для цього відповідно до координуючих сигналів командування військових частин інші учасники логістичного співтовариства визначають прийнятні значення показників:

$$\tilde{p}'_k = \varphi \otimes \tilde{p}_k.$$

Специфіка процесу координації полягає в тому, що партнери за ланцюжком передають командуванню військових частин узагальнені показники, пов'язані з оптимальними параметрами учасників співвідношенням

$$\tilde{p} = \sum_k w_k \tilde{p}_k. \text{ Коефіцієнти } w_k \text{ характеризуються функціями приналежності } \mu(w_k) = \sum_j \frac{\tilde{p}_{jk}}{\tilde{p}_{jk \max}}, \text{ що}$$

відображають ступінь наближення нечіткого значення j-го показника k-ого учасника до максимально

можливого $\tilde{p}_{j \max} = \sup_{\tilde{p}} (\bigcup_k \sup \mu(\tilde{p}_j))$. Тут $\mu(\tilde{p}_j)$ - функція приналежності відносної важливості

показника для функціонування технологічного ланцюжка; $\mu(\tilde{p}_j): P \rightarrow [0,1]$, де P – множина показників діяльності партнера.

Етап 3. Уточнення командуванням військових частин координуючих сигналів Φ_k .

Дана задача є задачею лінійного програмування з нечіткою цільовою функцією та нечіткими обмеженнями щодо координуючих сигналів. Нечітка ціль Φ_0 і нечітке обмеження Φ_k описуються нечіткими підмножинами множини альтернатив Φ , тобто відповідно функціями $\mu_{\Phi_0} : \Phi \rightarrow [0,1]$ й $\mu_{\Phi_k} : \Phi \rightarrow [0,1]$ з $\delta(\Phi) = \{\mu \mid \mu : \Phi \rightarrow [0,1]\}$. За Беллманом-Заде задача досягнення нечітко поставленої цілі при нечіткому обмеженні вирішується на основі принципу злиття. Нечітке рішення V визначається як результат лінійної комбінації нечітких множин цілей і обмежень:

$$\mu_B = \alpha \mu_{\Phi_0} + \beta \mu_{\Phi_k}; \alpha, \beta \geq 0; \alpha + \beta = 1.$$

Етап 4. Прийняття рішення командуванням військових частин. У випадку задоволеності командування отриманим значенням цільової функції процедура координації закінчується. У протилежному випадку здійснюється вирішення локальних задач оптимізації (перехід до етапу 2).

В процесі здійснення логістичної взаємодії військових частин Національної гвардії України в рамках ланцюжків постачання стратегічні партнери формують свої моделі (образи) кон'юнктури логістичного ринку, які, у свою чергу, діляться на моделі стану власної бізнес-системи та моделі стану бізнес-системи компанії-партнера. Дані моделі (образи) є взаємозалежними й для кожного з партнерів формуються на основі аналізу інформаційного впливу на свою бізнес-систему інших учасників логістичного ланцюжка. У тих випадках, коли є деяка невизначеність, пов'язана з наявністю суперечливих даних про роботу партнера (про його фінансові результати, маркетингову стратегію та т. ін.), виникають інформаційні конфлікти, що знижують ефективність функціонування логістичного ланцюжка.

Причиною виникнення інформаційних конфліктів є суперечливі ситуації. Під останніми будемо розуміти ситуації, поява яких в один і той же час свідчить про те, що стратегічні партнери повідомляють інформацію, неадекватну відомостям з інших джерел, про результати виконання переданих їм комерційних операцій. Прикладом суперечливих ситуацій може служити різкий ріст кількості випущених акцій компанією-партнером при низькій величині створеної нею доданої вартості.

Командування військових частин Національної гвардії України можуть із використанням нечітких мір оцінити ступінь прояву ситуації \bar{Y} , альтернативної ситуації Y (відповідної інформації інших джерел).

Введемо ентропійну міру σ для оцінки якості розпізнавання суперечливих ситуацій у комерційній діяльності партнерів, яку будемо визначати як відображення

$$\sigma : \langle v_Y, v_{\bar{Y}} \rangle \rightarrow R^+,$$

де $v_Y, v_{\bar{Y}}$ - нечітка оцінка ступеня прояву ситуацій Y, \bar{Y} ; R^+ - множина натуральних чисел.

Аналогічно ентропії в теорії нечітких множин σ може бути визначена наступним виразом:

$$\sigma = -(\xi_Y \lg \xi_Y + \xi_{\bar{Y}} \lg \xi_{\bar{Y}}) = -\left(\frac{v_Y}{v_Y + v_{\bar{Y}}} \lg \frac{v_Y}{v_Y + v_{\bar{Y}}} + \frac{v_{\bar{Y}}}{v_Y + v_{\bar{Y}}} \lg \frac{v_{\bar{Y}}}{v_Y + v_{\bar{Y}}}\right).$$

Найбільша невизначеність відповідає однаковому ступеню прояву ситуацій Y і \bar{Y} ($\sigma_Y = \sigma_{\max}$ при $v_Y = v_{\bar{Y}} = 0,5$). При наявності ентропії для вирішення сформованого інформаційного конфлікту необхідно здійснити прогнозування можливих варіантів дій партнерів. Повний опис подій конфлікту можливий тільки на рівні всього логістичного ланцюжка - надсистеми для систем управління партнерів. Тому для вірного прогнозування дій партнерів необхідно здійснити перехід від моделі (образу) сформованої ситуації кон'юнктури ринку до загальної моделі інформаційного конфлікту. Механізмом такого переходу будемо використовувати методіку рефлексивного прогнозування, центральним ядром якого є метод прогнозного сценарію, який у даному дослідженні реалізується за посередництвом тактичних рішень.

Нехай командування військової частини H_1 ставить перед собою тактичну ціль W_1 і формує множину

моделей Z комерційних можливостей $\{ {}^2 CV_z \}_{z=1}^Z$, які потенційно можуть бути реалізовані партнером H_2 . Командування військової частини H_1 повинне також побудувати рефлексивні моделі ${}_1 CV$ логістичних можливостей всього ланцюжка постачань з урахуванням можливих рефлексивних змін конфліктної ситуації. На

основі моделей $\{ {}^2 CV_z \}_{z=1}^Z$ і ${}_1 CV$ командування військової частини H_1 може побудувати множину моделей ситуації. Використання сценарію конфлікту дозволить одержати множину варіантів його вирішення для комерційних можливостей партнерів, які мають місце при рефлексії першого рівня для військової частини H_1 .

Аналіз рішень - можливих варіантів розвитку конфлікту буде визначати напрямком зміни реальної моделі кон'юнктури ринку й переведення множини комерційних можливостей логістичного ланцюжка зі стану ${}_1 CV$ в новий стан ${}_1 CV^*$, що є виграшним для розглянутої множини моделей $\{ {}^2 CV_z \}_{z=1}^Z$ комерційних

можливостей партнера Н₂. Повна множина прогнозних моделей кожного рангу рефлексії повинна будуватися з урахуванням того, що рефлексивні перетворення моделі кон'юнктури ринку будуть здійснюватися всіма учасниками інформаційного конфлікту.

Висновки і пропозиції. Отже, проведене дослідження дозволило сформулювати комплексну методичку математичного моделювання логістичних процесів військових частин Національної гвардії України в рамках ланцюжків постачання.

Науковою новизною отриманих результатів є розробка теоретико-методологічних засад щодо моделювання логістичних процесів військових частин Національної гвардії України в рамках ланцюжків постачання.

Практичне значення отриманих результатів полягає в формуванні відповідних рекомендацій командуванню військових частин стосовно оптимізації логістичних процесів.

Напрямок подальшого дослідження може бути оцінка ефективності організації системи транспортної логістики Національної гвардії України.

Література.

1. Naumenko M. Organization of procurement of goods, works and services for units of the National guard of Ukraine. *Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво*. 2021. № 1 (118). С. 74-79.
2. Hrabovskyi Y., Brynza N, Vilkhivska O. Development of information visualization methods for use in multimedia applications. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2020. № 1, P. 3 – 17.
3. Hrabovskyi Y., Yevsyeyev O. Development of methodological principles of support-preservation engineering work. *Технологічний аудит і резерви виробництва*. 2018. №2/2. С. 43-49
4. Naumenko M., Dikiy A., Butenko N., Valiavska N., Saiensus M., Nikitiuk V. Formation of System of Logistic Service of the Enterprise in the Conditions of Market Relations. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 2020. Volume 8. Issue-5. P. 5494-5499.
5. Pushkar O., Hrabovskyi Y. Methodology for developing an intelligent user interface for educational publications in the e-learning system. *Development Management*. 2019. № 17(3). P. 23-34.
6. Naumenko M. Quality control of purchased goods, works and services for the National guard of Ukraine. *Економічний простір*. 2021. № 165. С. 82-86.
7. Hrabovskyi Y. Methods of Assessment and Diagnosis of the Quality of Knowledge in E-Learning. *Journal of Communication and Computer*. 2015. № 12. P. 286-296.
8. Naumenko M., Valiavska N., Saiensus M., Ptashchenko O., Nikitiuk V., Saliuk A. Optimization model of the enterprise Logistics system using information Technologies. *International Journal of Management (IJM)*. 2020. Volume 11. Issue 5. P. 54-64.
9. Грабовський Є.М. Методика вибору обладнання флексографічного друку для виготовлення етикеточної продукції. *Системи обробки інформації*. 2017. № 2(148). С. 216 – 223.
10. Sokolovskyi S., Naumenko M. Competency-based approach as a methodological basis for improving officers training of the National Guard of Ukraine. *Asia Life Sciences*, 2020. № 22(2). P. 455 – 468

References.

1. Naumenko, M. (2021), "Organization of procurement of goods, works and services for units of the National guard of Ukraine", *State and regions. Series: Economics and Entrepreneurship*, vol. 1 (118). pp. 74-79.
2. Hrabovskyi, Y. Brynza, N. and Vilkhivska, O. (2020), "Development of information visualization methods for use in multimedia applications", *EUREKA: Physics and Engineering*, vol. 1, pp. 3 – 17.
3. Hrabovskyi, Y. and Yevsyeyev, O. (2018), "Development of methodological principles of support-preservation engineering work", *Technological audit and production reserves*, vol. 2/2, pp. 43-49.
4. Naumenko, M., Dikiy, A., Butenko, N., Valiavska, N., Saiensus, M., and Nikitiuk, V. (2020) "Formation of System of Logistic Service of the Enterprise in the Conditions of Market Relations", *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)* ISSN: 2277-3878, Vol. 8, Issue-5, pp. 5494-5499.
5. Pushkar, O. and Hrabovskyi, Y. (2019), "Methodology for developing an intelligent user interface for educational publications in the e-learning system", *Development Management*, vol. 17(3), pp. 23-34. doi:10.21511/dm.17(3).2019.03
6. Naumenko, M. (2021), "Quality control of purchased goods, works and services for the National guard of Ukraine", *Economic space*, vol. 165, pp. 82-86.
7. Hrabovskyi, Y. (2015), "Methods of Assessment and Diagnosis of Knowledge Quality in E-Learning", *Journal of Communication and Computer*, vol. 12, pp. 286-296.
8. Naumenko, M., Valiavska, N., Saiensus, M., Ptashchenko, O., Nikitiuk, V. and Saliuk, A. (2020) "Optimization model of the enterprise Logistics system using information Technologies". *International Journal of Management (IJM)*, Vol. 11, Issue 5, pp. 54-64.
9. Hrabovskyi, Y. M. (2017), "Methods of selection of flexographic printing equipment for the manufacture of label products.", *Information processing systems*, vol. 2(148), pp. 216–223.
10. Sokolovskyi, S. and Naumenko, M. (2020), "Competency-based approach as a methodological basis for improving officers training of the National Guard of Ukraine", *Asia Life Sciences*, vol.22(2), pp. 455-468.