

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ВИДАВНИЧО-ПОЛІГРАФІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

А. В. Кудряшова<sup>1</sup>, Ю. Б. Сліпецький<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна <https://orcid.org/0000-0002-0496-1381>,  
e-mail: [alona.v.kudriashova@lpnu.ua](mailto:alona.v.kudriashova@lpnu.ua)

<sup>2</sup> Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна <https://orcid.org/0009-0003-6931-6767>  
e-mail: [yurii.b.slipetskyi@lpnu.ua](mailto:yurii.b.slipetskyi@lpnu.ua)

Стаття присвячена дослідженню особливостей застосування методів нечіткої логіки для оцінювання якості виконання видавничо-поліграфічних процесів. Актуальність роботи зумовлена складною багатофакторною природою видавничо-поліграфічної діяльності, де значна частина параметрів має якісний або лінгвістично визначений характер. Розглянуто застосування нечіткої логіки як математичного інструментарію, що забезпечує узгоджене поєднання лінгвістичних оцінок і формалізованих процедур логічного виведення. Запропоновано ієрархічну структуру оцінювання, згідно з якою інтегральний показник якості формується на основі сукупності часткових показників. Вони характеризують окремі етапи чи операції видавничо-поліграфічного процесу. Параметри моделі подано у вигляді лінгвістичних змінних із відповідними терм-множинами. Їх кількісна інтерпретація здійснена за допомогою функцій належності, побудованих на основі експертних оцінок. Особливу увагу приділено методиці формування нечіткої бази знань, яка відображає причинно-наслідкові зв'язки між параметрами процесу та результативними показниками якості. Нечітка база знань подана у вигляді системи продукційних правил, у яких допускається використання як кон'юнктивних, так і диз'юнктивних логічних зв'язків між умовами. Для отримання кількісної інтегральної оцінки якості застосовано процедуру дефазифікації, яка дозволяє перейти від нечіткої інтерпретації результату до скалярного показника, придатного для порівняльного аналізу та підтримки управлінських рішень. Запропонована методологія орієнтована на використання в системах контролю та управління якістю видавничо-поліграфічного виробництва й може бути адаптована до аналізу інших складних багатопараметричних процесів, що характеризуються невизначеністю та лінгвістичним описом вхідних даних.

**Ключові слова:** видавничо-поліграфічний процес, оцінювання якості, нечітка логіка, нечітка множина, лінгвістична змінна, нечітке логічне рівняння, модель, фазифікація, дефазифікація.

**Постановка проблеми.** Оцінювання якості виконання видавничо-поліграфічних процесів потребує врахування експертних суджень, альтернативних умов реалізації

та невизначеності взаємодії окремих факторів. Використання традиційних методів аналізу в подібних умовах не забезпечує отримання узагальненої оцінки, що відповідає реальному перебігу процесу. У зв'язку з цим актуальним є застосування математичного апарату, здатного оперувати лінгвістичною інформацією та забезпечувати інтегральне оцінювання.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У сучасних наукових дослідженнях методи нечіткої логіки активно застосовуються для оцінювання складних багатофакторних систем. Особливу увагу приділяють побудові ієрархічних нечітких моделей, інтеграції експертних знань і формуванню узагальнених показників якості. У роботі [1] запропоновано нечіткий багатокритеріальний підхід до пріоритизації факторів у виробничих процесах. Це дозволяє формалізувати експертні оцінки та враховувати різний ступінь впевненості у судженнях. Аналогічні принципи ієрархічного агрегування показників реалізовано у дослідженні [2]. Розроблено нечітку систему для оцінювання якості дизайну мультимедійних видань, що підтверджує ефективність нечіткого логічного виведення при аналізі якісних характеристик видавничих продуктів.

Питання вибору математичного апарату нечітких систем розглянуто у роботі [3]. Продемонстровано, що форма функцій належності та метод дефазифікації істотно впливають на результати інтегрального оцінювання. У публікації [4] представлено нечітку модель комплексної оцінки якості багатофункціональних продуктів у промисловому виробництві, яка базується на інтеграції різнорідних якісних показників. У [5] розглянуто поєднання нечіткої логіки з імовірнісними методами для оцінювання ризиків технологічних процесів. Дослідження [4, 5] демонструють універсальність нечітких моделей для аналізу складних систем із альтернативними сценаріями впливу факторів.

Проведений аналіз свідчить, що апарат нечіткої логіки є ефективним засобом інтегрального оцінювання якості в умовах невизначеності, однак питання його системного застосування до видавничо-поліграфічних процесів потребує подальшого методологічного опрацювання, що й зумовлює напрям даного дослідження.

**Мета статті.** Метою статті є аналіз методології оцінювання якості виконання видавничо-поліграфічних процесів із використанням апарату нечіткої логіки.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для оцінювання якості довільного видавничо-поліграфічного процесу його параметри доцільно подавати у вигляді лінгвістичних змінних, значення яких задаються терм-множинами, сформованими на основі експертних суджень [2, 6].

Первинним етапом є формалізація визначення інтегрального показника якості видавничо-поліграфічного процесу шляхом розроблення ієрархічної моделі нечіткого логічного виведення. Вихідним елементом моделі є інтегральний показник якості реалізації досліджуваного процесу, поданий у вигляді лінгвістичної змінної  $Q$ . На нижчому рівні ієрархії модель включає підпорядковані часткові показники якості  $X_1, X_2, X_m$ , що характеризують окремі операції видавничо-поліграфічного процесу. Кожен з них містить відповідні лінгвістичні змінні  $x_{im}$ , які описуються терм-множинами та мають власні системи функцій належності. Модель відображає послідовне накопичення знань про якість процесу — від часткових оцінок до інтегрального показника на найвищому рівні [2, 7]. Структура моделі нечіткого виведення подана на рис. 1.

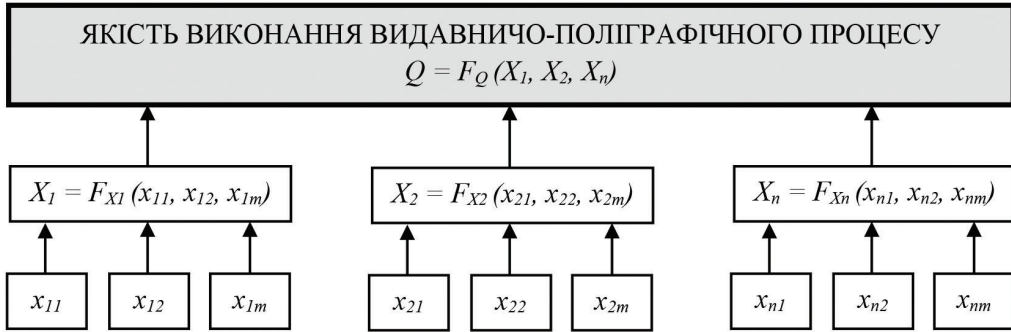


Рис. 1. Модель нечіткого логічного виведення

Функції належності лінгвістичних змінних формуються шляхом побудови матриць попарних порівнянь термів відносно квантів поділу універсальної множини значень. Для кожної лінгвістичної змінної визначається відповідна універсальна множина  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  та терм-множина. Отримані значення функцій належності нормуються для забезпечення їх приведення до інтервалу  $[0, 1]$ . Нормування здійснюється за допомогою стандартної процедури, що передбачає ділення значень функцій належності на їх максимальне значення в межах відповідної терм-множини. Нехай якість аналізованого терму буде  $\Psi$ , тоді його формалізоване представлення має вид [6, 7]:

$$\Psi_F = \left\{ \frac{\mu_\varphi(u_1)}{u_1}, \frac{\mu_\varphi(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{\mu_\varphi(u_n)}{u_n} \right\}, \tag{1}$$

де:  $\Psi_F \subset U$ ;  $\mu_\varphi(u_i)$  — ступінь з яким елемент  $u_i \in U$  належить до  $\Psi_F$ .

Множина значень  $\mu_\varphi(u_i)$  формується з урахуванням логічних операцій кон'юнкції та диз'юнкції. Це забезпечує отримання кількісного подання шуканої функції належності відповідного лінгвістичного терму. При цьому, розподіл мір належності між елементами множини задається співвідношенням [7]:

$$\frac{\mu_1}{r_1} = \frac{\mu_2}{r_2} = \dots = \frac{\mu_n}{r_n}, \tag{2}$$

де  $r_\varphi(d_i)$  — ранги,  $\mu_i = \mu_\varphi(d_i)$ ,  $r_i = r_\varphi(d_i)$ ,  $i = 1, \dots, n$  при умові  $\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n = 1$ .

Для визначення рангових коефіцієнтів факторів числові значення функцій належності обчислюються на основі відомих аналітичних залежностей, що використовуються у теорії нечітких множин, зокрема [6–8]:

$$\left. \begin{aligned} \mu_1 &= \left( 1 + \frac{r_2}{r_1} + \frac{r_3}{r_1} + \dots + \frac{r_n}{r_1} \right)^{-1}; \\ \mu_2 &= \left( \frac{r_1}{r_2} + 1 + \frac{r_3}{r_2} + \dots + \frac{r_n}{r_2} \right)^{-1}; \\ &\dots\dots\dots \\ \mu_n &= \left( \frac{r_1}{r_n} + \frac{r_2}{r_n} + \frac{r_3}{r_n} + \dots + 1 \right)^{-1}. \end{aligned} \right\} \tag{3}$$

Припустимо, що область допустимих значень лінгвістичних змінних умовно поділяється на дві частини. Згідно експертних оцінок рангів термів формується квадратна обернено-симетрична матриця попарних порівнянь  $W = w_{ij}$ , де  $w_{ij} = r_i/r_j$ ,  $i, j = 1, 2, 3$ . Для оцінювання використовується шкала відносної важливості об'єктів, запропонована Т. Сааті. Таким чином, необхідно одержати значення цільової функції, яка інтерпретується як узагальнена оцінка якості відповідного технологічного процесу. Матриця попарних порівнянь має вигляд [6]:

$$W = \begin{bmatrix} 1 & \frac{r_2}{r_1} & \frac{r_3}{r_1} \\ \frac{r_1}{r_2} & 1 & \frac{r_3}{r_2} \\ \frac{r_1}{r_3} & \frac{r_2}{r_3} & 1 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Подальшим етапом оцінювання є формування нечіткої бази знань, яка відображає залежність між частковими показниками якості видавничо-поліграфічного процесу та інтегральним показником якості його реалізації. У межах запропонованої моделі (рис. 1) нечітка база знань формується на двох ієрархічних рівнях. На нижчому рівні встановлюється відповідність між елементарними лінгвістичними змінними  $x_{im}$ , що характеризують окремі параметри операцій видавничо-поліграфічного процесу, та узагальненими частковими показниками якості  $X_i$ . Формально нечітка база знань нижчого рівня задається сукупністю продукційних правил такого типу [2, 3, 7]:

$$\text{ЯКЩО } (x_{i1} = A_{i1}^{(k)}) \odot (x_{i2} = A_{i2}^{(k)}) \odot \dots \odot (x_{im} = A_{im}^{(k)}), \text{ ТО } (X_i = B_i^{(k)}), \quad (5)$$

де  $A_{im}^{(k)}$  — лінгвістичні терми терм-множин змінних  $x_{im}$ ;  $B_i^{(k)}$  — лінгвістичний терм змінної  $X_i$ ; символ  $\odot$  позначає логічну операцію нечіткої кон'юнкції або диз'юнкції залежно від змісту правила.

На вищому рівні для отримання інтегрального показника якості реалізації видавничо-поліграфічного процесу  $Q$  здійснюється агрегування часткових показників  $X_i$  [7].

Для отримання кількісного значення інтегрального показника якості застосовується процедура дефазифікації. Використовується метод центра ваги, який дозволяє перейти від нечіткого подання змінної  $Q$  до скалярної оцінки [6, 9, 10]:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^m \left[ \underline{Q} + (i-1) \frac{\bar{Q} - \underline{Q}}{m-1} \right] \mu_i(Q)}{\sum_{i=1}^m \mu_i(Q)}, \quad (6)$$

де  $\underline{G}$  та  $\bar{G}$  — межі показників якості;  $\mu_i(G)$  — відповідні значенням функції належності.

Одержане значення слугує інтегрованою кількісною характеристикою рівня якості виконання видавничо-поліграфічного процесу та може застосовуватися для

оцінювання результативності технологічних рішень, зіставлення різних варіантів організації процесу і обґрунтування управлінських дій.

**Висновки.** У статті розглянуто методологію оцінювання якості виконання видавничо-поліграфічних процесів із використанням апарату нечіткої логіки, що забезпечує формалізацію слабо структурованих і нечітко визначених параметрів технологічних операцій. Запропоновано ієрархічну модель нечіткого логічного виведення. При цьому інтегральний показник якості формується шляхом послідовного агрегування часткових показників, що характеризують окремі етапи процесу. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні та вдосконаленні систем контролю якості у видавничо-поліграфічному виробництві, а також адаптовані до аналізу інших складних багатопараметричних процесів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sudžum R., Nestić S., Komatina N., Kraišnik M. An intuitionistic fuzzy multi-criteria approach for prioritizing failures that cause overproduction: a case study in process manufacturing. *Axioms*. 2024. № 13 (6), 357.
2. Senkivskyi V., Sikora L., Lysa N., Kudriashova A., Pikh I. Fuzzy system for the quality assessment of educational multimedia edition design. *Applied Sciences*. 2025. № 15 (8), 4415.
3. Lima J. F., Patiño-León A., Orellana M., Zambrano-Martinez J. L. Evaluating the impact of membership functions and defuzzification methods in a fuzzy system: case of air quality levels. *Applied Sciences*. 2025. № 15 (4), 1934.
4. Chen K.-S., Huang T.-H., Chiou K.-C., Kao W.-Y. Fuzzy evaluation model for products with multifunctional quality characteristics: case study on eco-friendly yarn. *Mathematics*. 2024. № 12 (10), 1446.
5. Cardiel-Ortega J. J., Baeza-Serrato R. Probabilistic fuzzy system for evaluation and classification in failure mode and effect analysis. *Processes*. 2024. № 12 (6), 1197.
6. Сеньківський В. М., Кудряшова А. В., Козак Р. О. Інформаційна технологія формування якості редакційно-видавничого процесу : монографія. Львів : Українська академія друкарства, 2019. 272 с.
7. Дурняк Б. В., Піх І. В., Сеньківський В. М. Теоретичні основи інформаційної концепції формування та оцінювання якості видавничо-поліграфічних процесів : монографія. Львів : Українська академія друкарства, 2022. 356 с.
8. Hofmann, P. Defuzzification strategies for fuzzy classifications of remote sensing data. *Remote Sensing*. 2016. № 8 (6), 467.
9. Jansone A., Nawalage O. D. A fuzzy QFD-based methodology for systematic generation IT project management plan and scope plan elements. *Computers*. 2026. № 15 (1), 30.
10. Keerthika R., Niranjan S. P., Vlase S. Fuzzy-based control system for solar-powered bulk service queueing model with vacation. *Applied Sciences*. 2025. № 15 (13), 7547.

### REFERENCES

1. Sudžum R., Nestić S., Komatina N., Kraišnik M. An intuitionistic fuzzy multi-criteria approach for prioritizing failures that cause overproduction: a case study in process manufacturing. *Axioms*. 2024. № 13 (6), 357.

2. Senkivskyy V., Sikora L., Lysa N., Kudriashova A., Pikh I. Fuzzy system for the quality assessment of educational multimedia edition design. *Applied Sciences*. 2025. № 15 (8), 4415.
3. Lima J. F., Patiño-León A., Orellana M., Zambrano-Martinez J. L. Evaluating the impact of membership functions and defuzzification methods in a fuzzy system: case of air quality levels. *Applied Sciences*. 2025. № 15 (4), 1934.
4. Chen K.-S., Huang T.-H., Chiou K.-C., Kao W.-Y. Fuzzy evaluation model for products with multifunctional quality characteristics: case study on eco-friendly yarn. *Mathematics*. 2024. № 12 (10), 1446.
5. Cardiel-Ortega J. J., Baeza-Serrato R. Probabilistic fuzzy system for evaluation and classification in failure mode and effect analysis. *Processes*. 2024. № 12 (6), 1197.
6. Senkivskyy V. M., Kudriashova A. V., Kozak R. O. Informatsiina tekhnolohiia formuvannia yakosti redaktsiino-vydavnychoho protsesu : monohrafiia. Lviv : Ukrainska akademiia drukarstva, 2019. 272 p. (in Ukrainian).
7. Durnyak B. V., Pikh I. V., Senkivskyy V. M. Teoretychni osnovy informatsiinoi kontseptsii formuvannia ta otsiniuvannia yakosti vydavnycho-polihrafichnykh protsesiv : monohrafiia. Lviv : Ukrainska akademiia drukarstva, 2022. 356 p. (in Ukrainian).
8. Hofmann, P. Defuzzification strategies for fuzzy classifications of remote sensing data. *Remote Sensing*. 2016. № 8 (6), 467.
9. Jansone A., Nawalage O. D. A fuzzy QFD-based methodology for systematic generation IT project management plan and scope plan elements. *Computers*. 2026. № 15 (1), 30.
10. Keerthika R., Niranjan S. P., Vlase S. Fuzzy-based control system for solar-powered bulk service queueing model with vacation. *Applied Sciences*. 2025. № 15 (13), 7547.

doi: 10.32403/1998-6912-2026-1-72-9-15

## APPLICATION OF FUZZY LOGIC METHODS FOR EVALUATING THE QUALITY OF PUBLISHING AND PRINTING PROCESSES

A. V. Kudriashova<sup>1</sup>, Yu. B. Slipetskyi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Lviv Polytechnic National University,  
12, Stepana Bandery, St., Lviv, 79013, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-0496-1381>, e-mail: [alona.v.kudriashova@lpnu.ua](mailto:alona.v.kudriashova@lpnu.ua)

<sup>2</sup> Lviv Polytechnic National University,  
12, Stepana Bandery, St., Lviv, 79013, Ukraine  
<https://orcid.org/0009-0003-6931-6767> e-mail: [yurii.b.slipetskyi@lpnu.ua](mailto:yurii.b.slipetskyi@lpnu.ua)

*The article is devoted to the study of the specifics of applying fuzzy logic methods for evaluating the quality of publishing and printing processes. The relevance of the research is determined by the complex multifactor nature of publishing and printing activities, in which a significant part of the parameters has a qualitative or linguistically defined character. The application of fuzzy logic is considered as a mathematical tool that ensures the consistent integration of linguistic assessments and formalized procedures of logical*

*inference. A hierarchical evaluation structure is proposed, according to which the integral quality indicator is formed based on a set of partial indicators characterizing individual stages or operations of the publishing and printing process. The model parameters are represented in the form of linguistic variables with corresponding term sets, and their quantitative interpretation is carried out using membership functions constructed on the basis of expert evaluations. Particular attention is paid to the methodology for forming a fuzzy knowledge base that reflects cause-and-effect relationships between process parameters and resulting quality indicators. The fuzzy knowledge base is presented as a system of production rules that allow the use of both conjunctive and disjunctive logical relationships between conditions. To obtain a quantitative integral quality assessment, a defuzzification procedure is applied, which makes it possible to transform a fuzzy interpretation of the result into a scalar indicator suitable for comparative analysis and decision support. The proposed methodology is intended for use in quality control and management systems of publishing and printing production and can be adapted to the analysis of other complex multiparametric processes characterized by uncertainty and linguistic representation of input data.*

**Keywords:** *publishing and printing process, quality assessment, fuzzy logic, fuzzy set, linguistic variable, fuzzy logical equation, model, fuzzification, defuzzification.*

*Стаття надійшла до редакції 24.01.2026.*

*Submitted: 24.01.2026.*

*Прийнято до друку: 11.02.2026.*

*Accepted: 11.02.2026.*

*Опубліковано: 30.05.2026.*

*Published: 30.05.2026.*



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© А. В. Кудряшова, Ю. Б. Сліпецький