

УДК 655.5: 004.942

Т. С. Голубник, І. В. Піх, В. М. Сеньківський

Українська академія друкарства

ЗАСАДИ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЯКОСТІ ФОРМУВАННЯ МОНТАЖНИХ СПУСКІВ

Визначено доцільність застосування засобів нечіткої логіки, лінгвістичних змінних і функцій належності факторів для встановлення міри їх впливу на якість формування монтажних спусків книжкових видань.

Нечітка логіка, нечітка множина, функція належності, лінгвістична змінна, фактор, якість, процес, вплив, монтажний спуск

Використання адекватних методів системного аналізу й експертних даних забезпечує отримання рангів факторів формування монтажних спусків, оптимізацію моделей пріоритетного їх впливу на досліджуваний процес [10] і його реалізацію за розрахованими варіантами, побудованими на підставі множини Парето та відповідних функцій корисності. Альтернативи враховують величину впливу фактора на процес, тобто можливі комбінації значень часток трудомісткості факторів або міри їх важливості в кожному з варіантів.

Водночас відкритою залишається проблема прогнозованого встановлення числових значень параметрів процесу формування спусків, які апіорі забезпечили б належну якість накладу. Аргументовану відповідь на це питання можна отримати, використавши для його вирішення засоби нечіткої логіки [2, 3, 7, 8, 11, 12] та дослідження операцій [1, 4, 5, 9]. У загальному трактуванні нечітка логіка рівнозначна теорії нечітких множин, характерною ознакою яких є певна нечіткість (з огляду на загальноприйняті норми в традиційній математиці) та розмитість (на початковому етапі) меж задання області значень параметрів [3].

Для кращого розуміння суті подальшого дослідження наведемо коротко ідеологію та основні поняття теорії нечітких множин.

Основними поняттями нечіткої логіки є нечіткі множини і лінгвістичні змінні, визначальною компонентою яких слугують функції належності, побудовані з використанням терм-множини значень і лінгвістичних термів факторів. У роботах основоположника нечіткої логіки Заде [2,3] введено поняття універсальної множини D як такої, що стосується всієї проблемної області. Тоді нечітку підмножину M множини D визначають через універсальну множину або шкалу D і функцію належності $\mu_M(d)$, тобто

$$M = \{(\mu_M(d), d), d \in D\}, \quad (1)$$

де $(0 \leq \mu_M(d) \leq 1)$.

Функція належності встановлює міру приналежності кожного елемента нечіткої множини універсальній множині: $M \in D$.

За умови дискретності і скінченності базової шкали (тобто поділеної на кванти або частини чи проміжки) нечітка множина M може бути подана як

$$M = (\mu_M(d_1)/d_1, \mu_M(d_2)/d_2, \dots, \mu_M(d_n)/d_n) = \sum_{i=1}^n \mu_M(d_i)/d_i \quad (2)$$

або у спрощеному вигляді: $M = \sum_{i=1}^n \mu_i/d_i$. Символ «/» у виразі (2) не означає знака ділення, лише умовно «прикріплює» функцію належності $\mu_M(d_i)$ до елемента d_i . Знак $\sum$ символічно означає сукупність пар $\mu_M(d_i)$ та d_i .

Остаточню функції належності виступають ідентифікатором вхідних значень лінгвістичних змінних у нечіткому форматі, тобто множини значень вхідної змінної d ставляться у відповідність функції належності $\mu(d)$.

Лінгвістичною вважається змінна, значення якої виражено засобами звичайної мови – словами або словосполученнями [2, 7, 11]. При цьому множини можливих значень лінгвістичної змінної (ЛЗ) прийнято називати терм-множиною, а довільний її елемент – термом. Так, для лінгвістичної змінної «обсяг видання» термами будуть лінгвістичні оцінки «малий», «середній», «великий», що утворюватимуть терм-множину значень.

Суттєвою перевагою нечіткої логіки є можливість фазифікації, тобто заміни компонент чіткої множини відповідними їм поняттями нечіткої множини. Більш детально суть її полягає у протиставленні терм-множинам аналізованих факторів, необхідних для їх формалізації, функцій належності як відповідника нечіткого формату змінних величин. Такий підхід особливо цінний та ефективний при дослідженні процесів, частина параметрів або факторів яких має відношення до якості реалізації технологічних процедур, не може бути задано звичною цифровою шкалою.

Фазифікація забезпечує доволі високий рівень відповідності моделі реальному об'єкту і служить основою для подальшого моделювання прогнозу і забезпечення якості процесу формування монтажних спусків книжкових видань. При цьому використовуються нечіткі логічні рівняння і нечітка база знань, побудована на підставі експертних висловлювань у вигляді нечітких лінгвістичних правил у формі «якщо <умова>, тоді <висновок (дія)>», або «якщо <вхід>, тоді <вихід>». Цей етап зворотний до попереднього і називається дефазифікацією. Його результат, звичайно, подають у вигляді аналітичних розв'язків нечітких логічних рівнянь або сигналів виконавчих пристроїв.

Згідно з виразом (1), технологічний процес формування монтажних спусків подається як процедура з одним виходом – змінною P та множиною

вхідних змінних s_i ($i = \overline{1,8}$) – факторів процесу. Якщо вказані змінні мають кількісне вираження, то можна припустити наявність проміжку їх задання, що в загальному випадку виражається через нижнє та верхнє значення змінних [11, 12]:

$$[s_i, \overline{s_i}], \quad i = \overline{1,n}; \quad [P, \overline{P}]. \quad (3)$$

Оскільки вхідна множина за суттю дослідження містить якісні змінні, тобто фактори процесу формування спусків, потрібно встановити (можливо експертним способом) множину та межі задання значень:

$$D = \{d^{(1)}, d^{(2)}, \dots, d^{(j)}\}, \quad (4)$$

де $d^{(k)}$, $k = \overline{1,j}$ – множина кількісних (при їх наявності) або якісних умовних одиниць, потужність якої визначається індексом j .

Аналогічно вихідна змінна P з межами задання з (3) може бути виражена в умовних одиницях деякою множиною

$$P = \{p^{(1)}, p^{(2)}, \dots, p^{(g)}\}. \quad (5)$$

Універсальні множини (3) – (5) визначають області задання вхідних і вихідних лінгвістичних змінних (аналогів факторів впливу на якість формування монтажних спусків) і забезпечують реалізацію залежності (1). Водночас лінгвістичні змінні паралельно оцінюються за допомогою якісних лінгвістичних термів типу «низький», «середній», «високий», «малий», «великий» і т. п., тобто засобами звичайної мови.

Важливим елементом нечіткої логіки є база нечітких знань, яка може бути сформована у вигляді матриці знань [8, 11]. Вона пов'язує між собою вхідні змінні або фактори, які впливають на процес, з результатом його реалізації – вихідною змінною. Матриця знань проектується з використанням множини нечітких логічних висловлювань за правилами «якщо-тоді-інакше», «якщо-або-тоді-інакше», «якщо-і-тоді». На підставі матриці знань (логічних висловлювань) будується система нечітких логічних рівнянь, що забезпечують отримання числових значень функцій належності та інтегрального прогнозу якості технологічного процесу.

У нечітких логічних рівняннях операція $\vee$ означає отримання $\max$, а операція $\wedge$, відповідно, $\min$. Це означає, що для двох значень функцій належності μ_1 та μ_2 матимемо наступні комбінації отримання результату:

$$\mu_1 \vee \mu_2 = \max(\mu_1, \mu_2) = \begin{cases} \mu_1, & \text{якщо } \mu_1 \geq \mu_2 \\ \mu_2, & \text{якщо } \mu_1 < \mu_2 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_1 \wedge \mu_2 = \min(\mu_1, \mu_2) = \begin{cases} \mu_1, & \text{якщо } \mu_1 \leq \mu_2 \\ \mu_2, & \text{якщо } \mu_1 > \mu_2 \end{cases}. \quad (7)$$

Остаточного моделювання прогностичного забезпечення якості формування монтажних спусків книжкових видань на базі нечіткої логіки зводиться до розв'язання таких завдань:

- встановлення універсальної терм-множини значень і відповідних їй лінгвістичних термів виокремлених факторів (лінгвістичних змінних);

- побудова багаторівневої моделі логічного виведення, структура якої відтворює ієрархію факторів і лінгвістичних термів, що впливають на якість результату. Компонента найвищого рівня визначає вихідний прогнозований показник якості формування монтажних спусків у вигляді нечіткої множини;

- побудова та опрацювання матриць попарних порівнянь для множини лінгвістичних термів відносно квантів поділу інтервалів значень універсальної множини та отримання для лінгвістичних змінних функцій належності;

- нормування значень функцій належності та співвіднесення їх до квантів поділу універсальної множини;

- побудова суміщених графіків за нормованими значеннями функцій належності для лінгвістичних змінних і відповідних їм лінгвістичних термів;

- розроблення нечіткої бази знань (або матриці знань) з використанням нечітких логічних висловлювань типу «якщо <умова>, тоді <висновок (або дія)>», що відтворює алгоритм формування якості монтажного спуску залежно від рівня якості лінгвістичних термів;

- побудова нечітких логічних рівнянь на підставі матриці знань і функцій належності, які визначають зв'язок між функціями належності вхідних та вихідних даних;

- побудова аналітичного виразу для формалізованої ідентифікації прогнозованого результату у вигляді нечіткої множини, отриманої на підставі багаторівневої моделі логічного виведення та нечіткої бази знань;

- дефазифікація нечіткої множини, суть якої полягає в розрахунку числового показника прогнозованої якості за методом центра мас або центра ваги плоскої фігури, обмеженої графіком функції належності і віссю абсцис. При цьому використовуються значення функцій належності лінгвістичних змінних, область існування яких визначена універсальною множиною.

Процедуру формування монтажного спуску вважатимемо деякою функцією, аргументами якої будуть виокремлені фактори – лінгвістичні змінні. Значення цієї функції визначатиме прогнозований інтегральний показник якості формування монтажних спусків книжкових видань P , виражений через часткові показники якості лінгвістичних змінних, згрупованих за функціональним призначенням.

$$P = F_p(X, Y, Z). \quad (8)$$

У виразі (8) аргумент X вважатимемо сумарним показником – функцією, що ідентифікує якість структурування видання і враховує фактори (у нашому випадку аргументи), які відповідають вихідним даним, котрі впливають на структуру книги та якість формування монтажних спусків:

$$X = F_X(x_1, x_2, x_3, x_4), \quad (9)$$

де x_1 – ЛЗ «обсяг видання»; x_2 – ЛЗ «формат видання»; x_3 – ЛЗ «тип зошита»; x_4 – ЛЗ «тип скріплення блока».

Аналогічно якість технологічних процедур визначатиметься показником Y , функція якого має такий вигляд:

$$Y = F_Y(y_1, y_2, y_3), \quad (10)$$

де y_1 – ЛЗ «спосіб комплектування»; y_2 – ЛЗ «тип фальцювання»; y_3 – ЛЗ «спосіб друкування звороту».

На завершення змінна Z ідентифікує частковий показник, що відтворює якість обладнання.

$$Z = F_Z(z), \quad (11)$$

де z – ЛЗ «тип друкарської машини».

Для ідентифікованих лінгвістичних змінних створимо таблицю, яка пов'язує між собою позначення і назву змінної, рекомендовані межі задання значень універсальної терм-множини та встановлені лінгвістичні терми (табл. 1).

Таблиця 1

Терм-множини значень лінгвістичних змінних

Змінна	Лінгвістична суть змінної	Універсальна множина значень (множина D)	Лінгвістичні терми (множина T)
x_1	Обсяг видання	(2–24) фізичних аркушів	малий, середній, великий
x_2	Формат видання	(117x171–171x221) (200–378) см ²	малий, середній, великий
x_3	Тип зошита (кількість згинів)	(1–5) згинів	повний, неповний
x_4	Тип скріплення блока	(2x32–24x32) (64–768)	клейовий, шиттям нитками, комбінований
y_1	Спосіб комплектування (кількість сторінок)	(32–96) с.	впідбір, комбінований вкладанням
y_2	Тип фальцювання (точність, якість)	(1,5–3) мм	низька, середня, висока
y_3	Друкування звороту (точність суміщення, якість)	(0–2) мм	низька, середня, висока
z	Тип друкарської машини	(1–5) у. о.	аркушева, рулонна

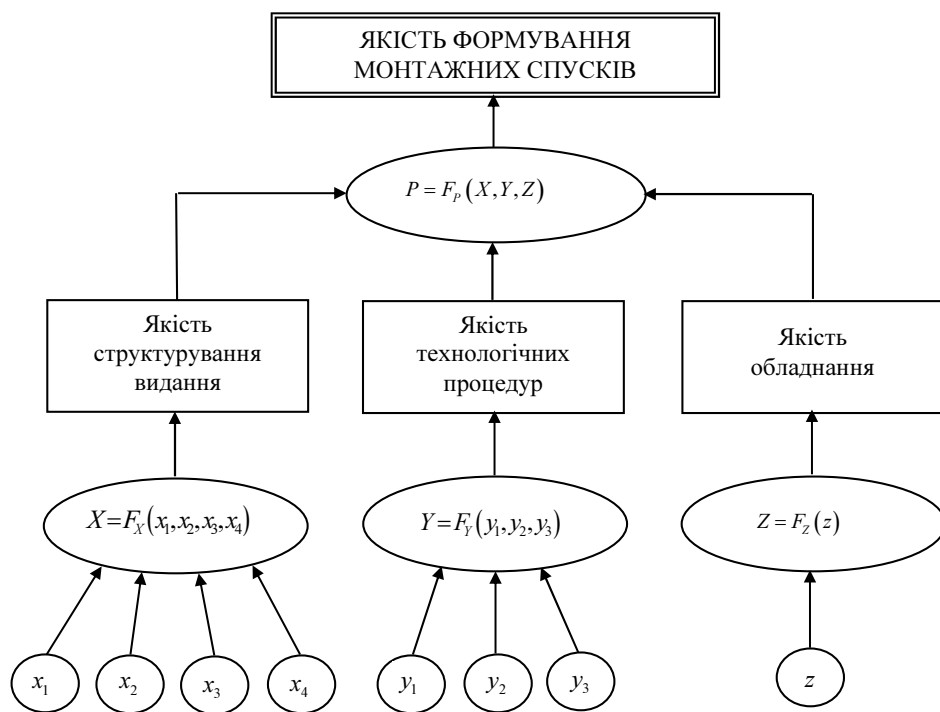
Значення формату в табл. 1 отримано з [6]. При цьому стандартні формати набору за другим варіантом оформлення книжкових видань для частки паперового аркуша 1/16 переведено в умовні площі полос набору (табл. 2).

Таблиця 2

Таблиця переведення форматів полос набору видання у площу

Формат набору	117×171	117×184	140×180	153×180	140×202	140×221	171×221
Площа полоси (см ²)	200	215	252	275	283	309	378

З урахуванням вищенаведених міркувань та залежностей (9), (10), (11) будемо модель логічного виведення, яка відображає ієрархічну залежність якості формування монтажних спусків від значення лінгвістичних термів факторів (див. рисунок).



Модель логічного виведення: формування інтегрального показника якості монтажних спусків

Модель логічного виведення працює за принципом «знизу–вверх», забезпечуючи якість процесу формування монтажних спусків через її накопичення від найнижчого до найвищого рівнів. При цьому компонента найвищого

рівня визначає вихідний прогнозований показник якості формування монтажних спусків у вигляді нечіткої множини. Модель стає також основою для проектування нечіткої бази знань, яка враховує логіку формування якості технологічного процесу з використанням лінгвістичних термів факторів і приводить до побудови логічних рівнянь, невідомими змінними в яких служать функції належності.

На черзі – побудова та розрахунок функцій належності, які стануть підґрунтям етапу дефазифікації, що полягає в розрахунку інтегрального числового показника прогнозованої якості формування монтажних спусків.

1. Бартіш М. Я. Дослідження операцій. Ч. 3. Ухвалення рішень і теорія ігор / М. Я. Бартіш, І. М. Дудзяний. – Львів : Вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 278 с. 2. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде. – М.: Мир, 1976. – 165 с. 3. Заде Л. Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных интеллектуальных систем / Л. Заде // Новости искусственного интеллекта. – 2001. – № 2–3. – С. 7–11. 4. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій: підруч. – 7-е вид., переробл. та доповн. / Ю. П. Зайченко. – К. : Вид. Дім «Слово», 2006. – 816 с. 5. Зайченко О. Ю. Дослідження операцій: зб. задач / О. Ю. Зайченко, Ю. П. Зайченко. – К.: Вид. Дім «Слово», 2007. – 472 с. 6. Мельников О. В. Технологія плоского офсетного друку: підруч. / О. В. Мельников. – 2-е вид., випр. – Львів : Укр. акад. друкарства, 2007. – 388 с. 7. Ротштейн О. П. Soft Computing в біотехнології: багатофакторний аналіз і діагностика: моногр. / Ротштейн О. П., Ларушкін Є. П., Мітюшкін Ю. І. – Вінниця : УНІВЕРСАМ-Вінниця, 2008. – 144 с. 8. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, нейронные сети, генетические алгоритмы / А. П. Ротштейн. – Вінниця : УНІВЕРСАМ-Вінниця, 1999. – 320 с. 9. Саати Т. Принятие решений (Метод анализа иерархий) / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с. 10. Сеньківський В. М. Ранжування факторів впливу на якість формування монтажних спусків / В. М. Сеньківський, Т. С. Голубник // Поліграфія і видавнича справа: зб. наук. пр. – Львів: Укр. акад. друкарства. – 2013. – №1–2 (61–62). – С. 51–57. 11. Сявавко М. С. Інформаційна система «Нечіткий експерт» / М. С. Сявавко. – Львів : Вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 320 с. 12. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

ПРИНЦИПЫ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА ФОРМИРОВАНИЯ МОНТАЖНЫХ СПУСКОВ

Определена целесообразность применения средств нечеткой логики, лингвистических переменных и функций принадлежности факторов для установления меры их влияния на качество формирования монтажных спусков книжных изданий.

PRINCIPLES OF FUZZY LOGIC ARE AT PROVIDING OF QUALITY FORMING OF ASSEMBLING LOWERING

Expediency of application of facilities of fuzzy logic, linguistic variables and functions of belonging of factors is certain for establishment of measure of their influence on quality of forming of the assembling lowering of book editions.

Стаття надійшла 02.04.2014