

УДК 655.3+881.3+517(07)

В. М. Сеньківський, Н. Є. Сеньківська, Ю. І. Петрів

Українська академія друкарства

І. В. Калиній

Бережанський агротехнічний інститут

ВАГОМІСТЬ ФУНКЦІЙ НАЛЕЖНОСТІ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЯКОСТІ ДРУКАРСЬКОГО ПРОЦЕСУ

Визначаються та розраховуються функції належності факторів, які впливають на якість процесу друкування накладу з використанням терм-множини значень та лінгвістичних термів факторів.

Функція належності, лінгвістична змінна, терм-множина, ранг, фактор, якість, процес, вплив, залежність

Друкування, як і будь-який інший технологічний процес, залежить від багатьох факторів. Останніми роками аналізу і дослідженню впливу обладнання, матеріалів, технологічних процедур на якість друкарського процесу присвячено багато праць [1–3, 5–7, 10–11]. Встановлено не тільки множину та суть впливу цих факторів на добротність друку, але й, що дуже важливо, взаємозалежності між ними, вагу та пріоритетність дії на результативне отримання накладу.

З іншого боку, невирішеною залишається проблема числового прогнозованого встановлення значень параметрів процесу друкування, які апріорі забезпечили б належну якість накладу. Аргументовану відповідь на це завдання можна отримати, використавши для його розв'язання методи та засоби теорії нечітких множин та лінгвістичних змінних [4, 8, 12], основною компонентою яких є функції належності, побудовані з використанням терм-множини значень і лінгвістичних термів факторів.

Зрозуміло, що початком запропонованого дослідження є виокремлення множини та встановлення рангів факторів, які ідентифікують пріоритетність їх впливу на процес друкування. На основі праць [10–11] лінгвістична змінна, що описує якість друкарського процесу, може бути подана функцією від факторів (лінгвістичних змінних), які за рангом належать до множини Парето, тобто

$$S = f(x_1, x_2, Z), \quad (1)$$

де x_1 — логічна змінна (ЛЗ) «якість друкарської машини»; x_2 — ЛЗ «швидкість друкування»; Z — ЛЗ «якість (тип) паперу».

Якість (тип) паперу залежить від багатьох показників [5], серед яких маса і щільність паперу, розривна довжина, міцність на злам, ступінь проклеювання, білизна кожної сторони, масова частка золи, лінійна деформація,

засміченість і вологість паперу, стійкість поверхні до випаровування. Для вірогідності дослідження достатньо виразити логічну змінну «якість паперу» через важливіші з них, заданих такою функціональною залежністю:

$$Z = f(z_1, z_2, z_3), \quad (2)$$

де z_1 — ЛЗ «маса паперу»; z_2 — ЛЗ «щільність паперу»; z_3 — ЛЗ «розривна довжина».

Завдання дослідження у загальному вигляді сформулюємо наступним чином. Якість друкарського процесу вважатимемо лінгвістичним термом P . Для його формалізованого подання використаємо універсальну нечітку множину $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, на якій задається кожний з факторів друкування та його ранг $r_p(d_i)$ у встановленому діапазоні значень d_i ($i = 1, \dots, n$), що визначає пріоритетність впливу фактора на якість друку. У результаті формалізоване подання лінгвістичного терму P можна зобразити нечіткою множиною, елементи якої містять сукупності пар [8, 12]:

$$P_F = \left\{ \frac{\mu_p(d_1)}{d_1}, \frac{\mu_p(d_2)}{d_2}, \dots, \frac{\mu_p(d_n)}{d_n} \right\}, \quad (3)$$

де $P_F \subset D$; $\mu_p(d_i)$ — міра належності до нечіткої множини P_F елемента $d_i \in D$.

Сукупність значень $\mu_p(d_i)$, пов'язаних між собою логічними операціями \wedge та \vee , забезпечить отримання числового вираження шуканої функції належності лінгвістичного терму P .

Умова розподілу мір належності має такий вигляд:

$$\frac{\mu_1}{r_1} = \frac{\mu_2}{r_2} = \dots = \frac{\mu_n}{r_n}, \quad (4)$$

де $\mu_i = \mu_p(d_i)$; $r_i = r_p(d_i)$ для всіх $i = 1, \dots, n$.

Додатково $\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n = 1$. Відомо, що для встановлених рангів факторів числові значення функцій належності отримують зі співвідношень [9]:

$$\left. \begin{aligned} \mu_1 &= \left(1 + \frac{r_2}{r_1} + \frac{r_3}{r_1} + \dots + \frac{r_n}{r_1} \right)^{-1}; \\ \mu_2 &= \left(\frac{r_1}{r_2} + 1 + \frac{r_3}{r_2} + \dots + \frac{r_n}{r_2} \right)^{-1}; \\ &\dots\dots\dots \\ \mu_n &= \left(\frac{r_1}{r_n} + \frac{r_2}{r_n} + \frac{r_3}{r_n} + \dots + 1 \right)^{-1}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Відносні оцінки рангів факторів утворюють квадратну обернено симетричну матрицю $A = a_{ij}$, де $a_{ij} = r_i/r_j$ для $i, j = 1, \dots, n$. Якщо ранги факторів

невідомі, доцільно скористатися шкалою відносної важливості об'єктів [9] та побудованою на її підставі матрицею попарних порівнянь для кожного з факторів відповідно до заданих лінгвістичних термів (див. таблицю). Опрацювання матриці за програмою «Імітаційне моделювання в системному аналізі методом бінарних порівнянь» [13] забезпечує отримання власного вектора матриці попарних порівнянь, компоненти якого відтворюють ранги факторів. Паралельно обчислюються значення μ_p , задані формулою (5).

Терм-множини значень лінгвістичних змінних

Змінна	Лінгвістична суть змінної	Універсальна множина значень	Лінгвістичні терми
x_1	Якість друкарської машини	(10-50) у. о.	Низька, задовільна, висока
x_2	Швидкість друкування	(10000-18000) відб./год	Низька, середня, висока
z_1	Маса паперу	(50-250) г/м ²	Мала, нормальна, велика
z_2	Щільність паперу	(0,75-0,95) г/см ²	Низька, середня, висока
z_3	Розривна довжина	(2400-2800) м	Мала, середня, висока
x_3	Якість фарби	(20-100) у. о.	Низька, нормальна, висока

Для побудови функцій належності факторів впливу на якість плоского офсетного друку діапазон можливих значень лінгвістичних змінних (див. таблицю), що ідентифікують виокремлені фактори, поділено на чотири частини, кількість яких достатня для графічного відтворення якісних лінгвістичних термів за п'ятьма точками.

Використаємо формулу (5) для обчислення міри належності $\mu_p(d_i)$ до нечіткого терму P_F елементів $d_i \in D$ за відносними оцінками рангів у кожній з п'яти точок. При цьому ранги утворюють таку матрицю:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{r_2}{r_1} & \frac{r_3}{r_1} & \frac{r_4}{r_1} & \frac{r_5}{r_1} \\ \frac{r_1}{r_2} & 1 & \frac{r_3}{r_2} & \frac{r_4}{r_2} & \frac{r_5}{r_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{r_1}{r_5} & \frac{r_2}{r_5} & \frac{r_3}{r_5} & \frac{r_4}{r_5} & 1 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Відомо, що ця матриця квадратна, обернено симетрична, транзитивна. При невідомих значеннях рангів факторів вона трансформується у матрицю попарних порівнянь, елементи якої отримують на підставі шкали відносної важливості об'єктів, яка містить дев'ять порівняльних оцінок, кожна з яких відтворює стан та ступінь переваги між аналізованими факторами.

З урахуванням (6) та висловлених зауважень будемо матрицю для лінгвістичної змінної x_1 «якість друкарської машини» стосовно терму «низька». Додамо тільки, що для цього терму на заданому проміжку універсальної множини значень ранг змінної спадатиме. Для наглядності у виразі (7) до матриці додамо точки поділу проміжку можливих значень змінної x_1 .

$$A_{\text{низька}}(x_1) = \begin{bmatrix} d_1 & d_2 & d_3 & d_4 & d_5 \\ d_1 & 1 & \frac{6}{8} & \frac{4}{8} & \frac{2}{8} & \frac{1}{8} \\ d_2 & \frac{8}{6} & 1 & \frac{4}{6} & \frac{2}{6} & \frac{1}{6} \\ d_3 & \frac{8}{4} & \frac{6}{4} & 1 & \frac{2}{4} & \frac{1}{4} \\ d_4 & \frac{8}{2} & \frac{6}{2} & \frac{4}{2} & 1 & \frac{1}{2} \\ d_5 & 8 & 6 & 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Після розрахунку за програмою [13] отримаємо значення для $\mu_{\text{низька}}(d_i)$:
 $\mu_{\text{низька}}(d_1) = 0,380$; $\mu_{\text{низька}}(d_2) = 0,285$; $\mu_{\text{низька}}(d_3) = 0,190$; $\mu_{\text{низька}}(d_4) = 0,095$;
 $\mu_{\text{низька}}(d_5) = 0,047$.

Для цього ж фактора стосовно терму «середня» матимемо таку матрицю.

$$A_{\text{середня}}(x_1) = \begin{bmatrix} d_1 & d_2 & d_3 & d_4 & d_5 \\ d_1 & 1 & \frac{6}{4} & \frac{8}{4} & \frac{6}{4} & 1 \\ d_2 & \frac{4}{6} & 1 & \frac{8}{6} & 1 & \frac{4}{6} \\ d_3 & \frac{4}{8} & \frac{6}{8} & 1 & \frac{6}{8} & \frac{4}{8} \\ d_4 & \frac{4}{6} & 1 & \frac{8}{6} & 1 & \frac{4}{6} \\ d_5 & 1 & \frac{6}{4} & \frac{8}{4} & \frac{6}{4} & 1 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Значення функцій належності для терму «середня» такі: $\mu_{\text{середня}}(d_1) = 0,142$;
 $\mu_{\text{середня}}(d_2) = 0,214$; $\mu_{\text{середня}}(d_3) = 0,285$; $\mu_{\text{середня}}(d_4) = 0,214$; $\mu_{\text{середня}}(d_5) = 0,142$.
 Терм «висока» породжує матрицю

$$A_{\text{висока}}(x_1) = \begin{bmatrix} d_1 & d_2 & d_3 & d_4 & d_5 \\ d_1 & 1 & 2 & 4 & 6 & 8 \\ d_2 & \frac{1}{2} & 1 & \frac{4}{2} & \frac{6}{2} & \frac{8}{2} \\ d_3 & \frac{1}{4} & \frac{2}{4} & 1 & \frac{6}{4} & \frac{8}{4} \\ d_4 & \frac{1}{6} & \frac{2}{6} & \frac{4}{6} & 1 & \frac{8}{6} \\ d_5 & \frac{1}{8} & \frac{2}{8} & \frac{4}{8} & \frac{6}{8} & 1 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Аналогічно до попереднього отримаємо: $\mu_{висока}(d_1) = 0,047$; $\mu_{висока}(d_2) = 0,095$; $\mu_{висока}(d_3) = 0,047$; $\mu_{висока}(d_4) = 0,285$; $\mu_{висока}(d_5) = 0,380$.

Здійснимо нормування функцій належності відносно одиниці, розрахувавши коефіцієнти нормування для лінгвістичних термів.

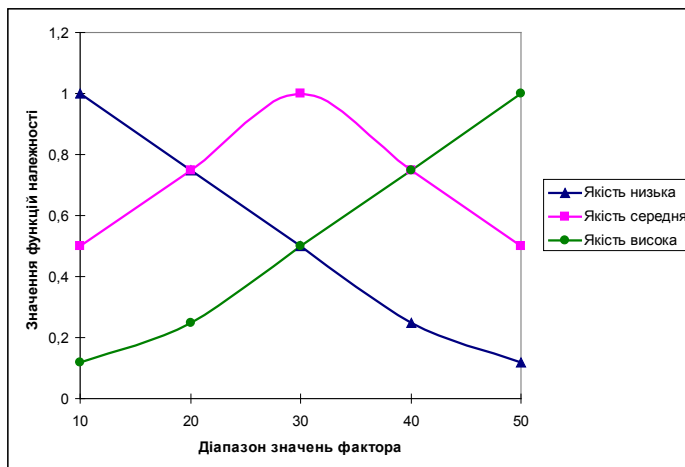
$$k_i = 1/\max \mu_i(d_i), \quad (i = 1, \dots, 5), \quad (10)$$

де $l = \langle \text{«низька»}, \langle \text{«середня»}, \langle \text{«висока»}$; $\mu_l(d_i) = k_i \times \mu_i(d_i)$.

У результаті отримаємо такі нормалізовані значення:

$\mu_{низька_n}(d_1) = 1$; $\mu_{низька_n}(d_2) = 0,75$; $\mu_{низька_n}(d_3) = 0,5$; $\mu_{низька_n}(d_4) = 0,25$; $\mu_{низька_n}(d_5) = 0,12$;
 $\mu_{середня_n}(d_1) = 0,5$; $\mu_{середня_n}(d_2) = 0,75$; $\mu_{середня_n}(d_3) = 1$; $\mu_{середня_n}(d_4) = 0,75$; $\mu_{середня_n}(d_5) = 0,5$;
 $\mu_{висока_n}(d_1) = 0,12$; $\mu_{висока_n}(d_2) = 0,25$; $\mu_{висока_n}(d_3) = 0,5$; $\mu_{висока_n}(d_4) = 0,75$; $\mu_{висока_n}(d_5) = 1$.

За отриманими результатами будемо суміщені графіки функцій належності для фактора «якість друкарської машини» стосовно лінгвістичних термів «низька», «середня», «висока» (див. рисунок).



Функції належності лінгвістичної змінної «якість друкарської машини»

За аналогією з вищенаведеними міркуваннями розраховуються функції належності для факторів «швидкість друкування», «якість паперу», «якість фарби» з урахуванням універсальної терм-множини значень і відповідних їй лінгвістичних термів.

Виконане дослідження називається етапом фазифікації [4, 12], суть якого полягає у зіставленні терм-множини значень аналізованих факторів та необхідних для їх формалізації функцій належності — відповідника нечіткого формату змінних величин.

Отримані результати стають основою для подальшого моделювання прогнозу і забезпечення якості друкарського процесу. При цьому використовуються нечіткі логічні рівняння і нечітка база знань, побудована на підставі експертних висловлювань, записаних 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 або сигналів виконавчих пристроїв.

Математичні моделі етапу дефазифікації стосовно плоского офсетного друку будуть темою наступного дослідження.

1. Александров Д. Современные средства повышения качества офсетной печати / Д. Александров. — СПб: Текст, 1998. — 76 с. 2. Гавенко С. Ф. Класифікація і оптимізація системи показників якості книжкової продукції / С. Ф. Гавенко // Полігр. і вид. справа. — 1997. — Вип. 32. — С. 109. 3. Гавенко С. Системний аналіз і методи керування якістю книжкової продукції / С. Гавенко, І. Корнілов, В. Ничка. — Ужгород : Карпати, 1996. — 80 с. 4. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде. — М. : Мир, 1976. — 165 с. 5. Лихачев В. В. Основы управления качеством печатной продукции: учеб. пособие / В. В. Лихачев. — М. : МГУП, 1999. — 88 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. Ромейков И. В. Графические искажения на оттисках офсетной печати / И. В. Ромейков, А. В. Владимиров // Науч. тр. по печатным процессам. — 1975. — Ч. II. — С. 44–48. 8. Ротштейн О. П. Soft Computing в біотехнології: багатофакторний аналіз і діагностика: моногр. / О. П. Ротштейн, Є. П. Ларушкін, Ю. І. Мітюшкін. — Вінниця : УНІВЕРСАМ-Вінниця, 2008. — 144 с. 9. Саати Т. Принятие решений (Метод анализа иерархий) / Т. Саати. — М. : Радио и связь, 1993. — 278 с. 10. Сеньківська Н. Є. Ієрархія факторів друкарського процесу (на прикладі плоского офсетного друку) / Н. Є. Сеньківська, О. В. Мельников, В. М. Сеньківський // Полігр. і вид. справа. — 2011. — № 1 (53). — С. 152–158. 11. Сеньківська Н. Є. Синтез моделі факторів прогнозування якості процесу друкування (на прикладі плоского офсетного друку) / Н. Є. Сеньківська // Кваліологія книги. — 2011. — Вип. № 1 (19). — С. 46–52. 12. Сявавко М. С. Інформаційна система «Нечіткий експерт» / М. С. Сявавко. — Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. — 320 с. 13. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 41832. Україна. Імітаційне моделювання в системному аналізі методом бінарних порівнянь. [Комп'ютерна програма] / Авторські майнові права належать І. В. Гілеті, В. М. Сеньківському, О. В. Мельникову. Зареєстровано 17.01.2012.

ВЕСОМОСТЬ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВА ПЕЧАТНОГО ПРОЦЕССА

Определены и рассчитаны функции принадлежности факторов, которые влияют на качество процесса печатания тиража с использованием термножества значений и лингвистических термов факторов.

PONDERABILITY OF FUNCTIONS OF BELONGING IN PROVIDING OF QUALITY OF PRINTING PROCESS

Certain and expected the function of belonging of factors which influence on quality of process of seal of drawing with the use of great therm-number of values and linguistic therms of factors.

Стаття надійшла 30.09.2013