

УДК 004

Сеньківський В.М., д.т.н., проф., Піх І.В., к.т.н., Гілета І.В., к.т.н., Петрів Ю.І.
Українська академія друкарства

ФУНКЦІЇ НАЛЕЖНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ПАПЕРУ ДЛЯ ПЛОСКОГО ОФСЕТНОГО ДРУКУ

Встановлено та розраховано функції належності параметрів паперу, що впливають на якість процесу друкування накладу, з використанням терм-множини значень та лінгвістичних термів параметрів.

Офсетний друк, папір, функції належності, параметри, лінгвістичні змінні, терм-множина значень, матриця, ранги факторів.

1. Вступ

Множину вимог та правил, які стосуються показників якісного завершення процедур, пов'язаних з різними стадіями підготування книжкових видань неможливо задати лише числовими параметрами. Так, наприклад, достатньо значний їх обсяг у технологічних інструкціях зі складальних процесів носить словесно описовий характер. Набір таких мовних характеристик процесів, явищ чи процедур прийнято називати лінгвістичними змінними, які є основою теорії нечітких множин [2,5,6,9].

Лінгвістичними змінними в задачах видавничо-поліграфічного напрямку можуть бути фактори та параметри, які впливають на структуру книжкового видання, особливості верстання, якість друкування, специфіку післядрукарських процесів. Допустимі значення лінгвістичних змінних утворюють терм-множину, або нечітку множину, яка підпорядковується певним обмеженням [2,9].

Перехід від описових значень терм-множини до їх формалізованого подання здійснюється за допомогою відображення, яке ідентифікується функціями належності [2,5,9]. З їх допомогою лінгвістична інформація перетворюється у числові дані, які у свою чергу забезпечують комп'ютерне опрацювання моделей, що стосуються проектування видань, їх композиційного оформлення на етапі додрукарського опрацювання, друкування та післядрукарського оформлення накладу, розв'язання задач прогнозування якості книжкових видань.

Лінгвістичні змінні у досліджуваних нами задачах ототожнюємо з факторами, які впливають на якість книжкового видання та можуть бути використані для прогнозування цього показника як стосовно окремих етапів випуску друкованої продукції, так і для встановлення його інтегрального вираження відносно видання в цілому. При цьому поставлені завдання вирішуються на інформаційному рівні, оскільки прогноз здійснюється на підставі моделей, основною парадигмою яких є не фізична чи метрична характеристики фактора (якщо він нею володіє в принципі), а переваги між факторами при їх попарному порівнянні та пріоритет впливу фактора на досліджуваний процес. Цей принцип є більш універсальним, оскільки забезпечує застосування єдиної методології не тільки до факторів, які можуть бути задані у вигляді числових величин, але й охоплювати слабо формалізовані вимоги, описані природною мовою.

Методологію нечітких множин та лінгвістичних змінних застосуємо для дослідження друкарського процесу та деяких факторів, які впливають на його якість.

2. Постановка завдання

Технологічний процес друкування залежить від багатьох факторів, що стосуються обладнання, матеріалів, технологічних процедур, вплив яких на якість накладу достатньо вивчений [1,3,4,7,8]. Встановлено не тільки множину та суть впливу цих факторів на добротність друку, але й, що дуже актуально, досліджено взаємозалежності між ними, вагу та пріоритетність дії на результативне отримання накладу.

Водночас відкритою залишається проблема прогнозованого встановлення меж зміни значень параметрів процесу друкування, які априорі забезпечили б належну якість продукції. Вона не завжди може і мусить бути найвищою, оскільки замовник найчастіше виходить з власних реальних потреб, економічних розрахунків та наявних можливостей друкарні. Враховуючи наведені умови, завдання може бути сформульоване таким чином: якість друкування повинна бути адекватною наявним ресурсам. Це означає, що кожний із чинників (факторів) впливу на друкарський процес має бути використаний у повному обсягу своїх можливостей, тобто цільо-

ва функція категорії «якість видання» повинна досягти максимального значення при існуючих обмеженнях на область задання параметрів аргументів (складових ресурсу).

Відповідь на це завдання можна отримати, використавши для його розв'язання методи та засоби теорії нечітких множин, основною компонентою яких є функції належності, побудовані з використанням терм-множини значень і лінгвістичних термів факторів.

2. Теоретична частина

Одним із факторів в ієрархії важливості впливу на якість плоского офсетного друку, крім друкарської машини, швидкості друкування і якості фарби, є папір. Він, у свою чергу, поділяється на певні групи за складом, призначенням, способом виготовлення, форматом, видом продукції [3]. Якість паперу обумовлюється його властивостями – структурними (маса 1 м^2 , щільність, товщина), оптичними (білизна, глянець, прозорість), механічними (міцність на розрив або згин, пружність, еластичність). Для офсетного друку використовується спеціальний офсетний папір, що повинен мати достатню міцність та щільність, належний ступінь білизни та рівномірну структуру кожної сторони, відповідну питому масу.

Перераховані характеристики вважатимемо параметрами, заданими у вигляді лінгвістичних змінних, завдяки яким логічна змінна «якість паперу», придатного для друкування продукції певного призначення, може бути подана як функція від його характеристик, тобто

$$Z = F(z_1, z_2, \dots, z_m), \quad (1)$$

де m – кількість виокремлених параметрів (характеристик) офсетного паперу.

Для подальшого дослідження використаємо параметри, які згідно експертного оцінювання мають переважаючий вплив на якість паперу, а саме: z_1 – логічна змінна (ЛЗ) «маса паперу»; z_2 – ЛЗ «щільність паперу»; z_3 – ЛЗ «білизна кожної сторони». Завдання полягає у встановленні таких значень параметрів паперу (у межах технологічно заданого діапазону), які забезпечили б максимум функції (1).

Вважатимемо якість паперу лінгвістичним термом P . Його формалізацію здійснимо за допомогою універсальної нечіткої терм-множини $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$, на якій кожний з параметрів паперу задається у встановленому діапазоні числовими значеннями g_i ($i = \overline{1, n}$) та їхніми експертними рангами $r_p(g_i)$, що визначають пріоритетність впливу параметра на якість паперу. У результаті формалізоване подання лінгвістичного терму P можна зобразити нечіткою множиною, елементи якої містять сукупності пар [5, 9]:

$$P_F = \left\{ \frac{\mu_p(g_1)}{g_1}, \frac{\mu_p(g_2)}{g_2}, \dots, \frac{\mu_p(g_n)}{g_n} \right\}, \quad (2)$$

де: $P_F \subset G$; $\mu_p(g_i)$ – міра належності до нечіткої множини P_F елемента $g_i \in G$.

Шукану інтегральну величину функції належності лінгвістичного терму P знаходимо з виразу, який об'єднує логічними операціями \wedge та \vee максимальні значення функцій належності $\mu_p(g_i)$, що ідентифікують оптимальні характеристики паперу, виходячи з реальних виробничих умов, наявних ресурсів та вимог замовника.

На підставі сказаного завдання дослідження сформулюємо таким чином:

$$\begin{aligned} P_F = F(z_j) &\rightarrow \max, \quad j = \overline{1, 3}; \\ z_j &> 0, \quad z_j = f(g_i), \quad i = \overline{1, 5}; \\ \mu_p(g_i) &\rightarrow \max, \quad g_i \in G, \quad P_F \subset G. \end{aligned} \quad (3)$$

Позначивши $\mu_i = \mu_p(g_i)$ та $r_i = r_p(g_i)$ і враховуючи той факт, що $\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n = 1$, дістаємо умову розподілу мір належності, яка матиме вигляд:

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

Якщо ранги невідомі, доцільно скористатися шкалою відносної важливості об'єктів [6] та побудованими на її підставі матрицями попарних порівнянь для кожного з параметрів відповід-

но до заданих у табл. 1 універсальної терм-множини значень (стосовно вимог якості книжкової продукції) та лінгвістичних термів. Опрацювання матриць за програмою «Імітаційне моделювання в системному аналізі методом бінарних порівнянь» [10] забезпечує отримання власних векторів матриць, компоненти яких відтворюють шукані ранги. Одночасно обчислюються значення функцій належності μ_i для кожної з характеристик офсетного паперу.

Таблиця 1

Терм-множини значень лінгвістичних змінних

Змінна	Лінгвістична суть змінної	Універсальна множина значень	Лінгвістичні терми
z_1	Маса паперу	(65-100) г/м ²	Мала, середня, велика
z_2	Щільність паперу	(0.55-0.95) г/см ²	Низька, середня, висока
z_3	Білизна кожної сторони у %	83-88	Низька, нормальна, висока

Оскільки, як видно з табл. 1, характеристики параметрів паперу, призначеного для друкування накладу, можуть знаходитися в доволі широких межах, важливо встановити такі їх значення, які забезпечили б належну якість продукції. Саме з цією метою розраховуються функції належності як міра пріоритетності конкретного значення відповідної характеристики. Для їх побудови діапазон можливих значень лінгвістичних змінних табл. 1 ділимо на чотири частини. У кожній з п'яти точок поділу обчислюються міри належності $\mu_p(g_i)$ до нечіткого терму P_F елементів $g_i \in G$ ($i=1, \dots, 5$) за відносними оцінками рангів. Така кількість точок достатня також для графічного відтворення якісних лінгвістичних термів.

Відносні оцінки рангів числових значень g_i для кожного з параметрів паперу утворюють квадратну обернено симетричну матрицю $A = a_{ij}$, де $a_{ij} = r_i/r_j$ для $i, j = 1, \dots, 5$.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{r_2}{r_1} & \frac{r_3}{r_1} & \frac{r_4}{r_1} & \frac{r_5}{r_1} \\ \frac{r_1}{r_2} & 1 & \frac{r_3}{r_2} & \frac{r_4}{r_2} & \frac{r_5}{r_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{r_1}{r_5} & \frac{r_2}{r_5} & \frac{r_3}{r_5} & \frac{r_4}{r_5} & 1 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Припустимо, що ранги характеристик паперу у точках поділу універсальної множини значень визначено. За цих умов будемо матрицю для ЛЗ z_1 «маса паперу» стосовно лінгвістичного терму «низька». Для наочності та кращого орієнтування додамо до матриці умовні позначення точок поділу проміжку значень змінної z_1 .

$$A_{\text{мала}}(z_1) = \begin{bmatrix} g_1 & g_2 & g_3 & g_4 & g_5 \\ g_1 & 1 & 8/9 & 6/9 & 3/9 & 1/9 \\ g_2 & 9/8 & 1 & 6/8 & 3/8 & 1/8 \\ g_3 & 9/6 & 8/6 & 1 & 3/6 & 1/6 \\ g_4 & 9/3 & 8/3 & 6/3 & 1 & 1/3 \\ g_5 & 9 & 8 & 6 & 3 & 1 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

З використанням програми [10] отримаємо значення для $\mu_{\text{мала}}(g_i)$: $\mu_{\text{мала}}(g_1) = 0.333$; $\mu_{\text{мала}}(g_2) = 0.296$; $\mu_{\text{мала}}(g_3) = 0.222$; $\mu_{\text{мала}}(g_4) = 0.111$; $\mu_{\text{мала}}(g_5) = 0.037$.

Лінгвістичний терм «середня» для цієї ж змінної зумовлює матрицю (7).

$$A_{\text{середня}}(z_1) = \begin{bmatrix} & g_1 & g_2 & g_3 & g_4 & g_5 \\ g_1 & 1 & 8/6 & 9/6 & 8/4 & 1 \\ g_2 & 6/8 & 1 & 9/8 & 1 & 6/8 \\ g_3 & 6/9 & 8/9 & 1 & 8/9 & 6/9 \\ g_4 & 6/8 & 1 & 9/8 & 1 & 6/8 \\ g_5 & 1 & 8/6 & 9/6 & 8/6 & 1 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Для лінгвістичного терму «середня» отримаємо функції належності: $\mu_{\text{середня}}(g_1) = 0.162$; $\mu_{\text{середня}}(g_2) = 0.216$; $\mu_{\text{середня}}(g_3) = 0.243$; $\mu_{\text{середня}}(g_4) = 0.216$; $\mu_{\text{середня}}(g_5) = 0.162$.

Терм «велика» приводить до матриці (8).

$$A_{\text{велика}}(z_1) = \begin{bmatrix} & g_1 & g_2 & g_3 & g_4 & g_5 \\ g_1 & 1 & 3 & 6 & 8 & 9 \\ g_2 & 1/3 & 1 & 6/3 & 8/3 & 9/3 \\ g_3 & 1/6 & 3/6 & 1 & 8/6 & 9/6 \\ g_4 & 1/8 & 3/8 & 6/8 & 1 & 9/8 \\ g_5 & 1/9 & 3/9 & 6/9 & 8/9 & 1 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Аналогічно попередньому дістанемо: $\mu_{\text{велика}}(g_1) = 0.037$; $\mu_{\text{велика}}(g_2) = 0.111$; $\mu_{\text{велика}}(g_3) = 0.222$; $\mu_{\text{велика}}(g_4) = 0.296$; $\mu_{\text{велика}}(g_5) = 0.333$.

Для лінгвістичних термів здійснимо нормування функцій належності відносно одиниці: $k_l = 1/\max \mu_l(g_i)$, ($i = \overline{1,5}$), де: $l =$ «мала», «середня», «велика»; $\mu_{l_n}(g_i) = k_l \times \mu_l(g_i)$.

У результаті отримаємо такі пронормовані значення:

$$\mu_{\text{мала}_n}(g_1) = 1; \mu_{\text{мала}_n}(g_2) = 0.89; \mu_{\text{мала}_n}(g_3) = 0.67; \mu_{\text{мала}_n}(g_4) = 0.33; \mu_{\text{мала}_n}(g_5) = 0.11;$$

$$\mu_{\text{середня}_n}(g_1) = 0.66; \mu_{\text{середня}_n}(g_2) = 0.89; \mu_{\text{середня}_n}(g_3) = 1; \mu_{\text{середня}_n}(g_4) = 0.89;$$

$$\mu_{\text{середня}_n}(g_5) = 0.66;$$

$$\mu_{\text{велика}_n}(g_1) = 0.11; \mu_{\text{велика}_n}(g_2) = 0.33; \mu_{\text{велика}_n}(g_3) = 0.67; \mu_{\text{велика}_n}(g_4) = 0.89;$$

$$\mu_{\text{велика}_n}(g_5) = 1.$$

Пронормовані значення функцій належності лінгвістичної змінної «маса паперу» використаємо для формалізованого подання лінгвістичних термів «мала», «середня», «велика» нечіткими множинами, загальний вигляд яких подано виразом (2).

$$\begin{aligned} \text{мала} &= \left\{ \frac{1}{65}; \frac{0,89}{70}; \frac{0,67}{80}; \frac{0,33}{90}; \frac{0,11}{100} \right\} \text{ г/м}^2; \\ \text{середня} &= \left\{ \frac{0,66}{65}; \frac{0,89}{70}; \frac{1}{80}; \frac{0,89}{90}; \frac{0,66}{100} \right\} \text{ г/м}^2; \\ \text{велика} &= \left\{ \frac{0,11}{65}; \frac{0,33}{70}; \frac{0,67}{80}; \frac{0,89}{90}; \frac{1}{100} \right\} \text{ г/м}^2. \end{aligned}$$

Як видно, універсальна множина містить такі точки поділу: $G = \{65, 70, 80, 90, 100\}$.

Отримані результати стають підставою для побудови графіків функцій належності лінгвістичної змінної «маса паперу» стосовно лінгвістичних термів «мала», «середня», «велика».

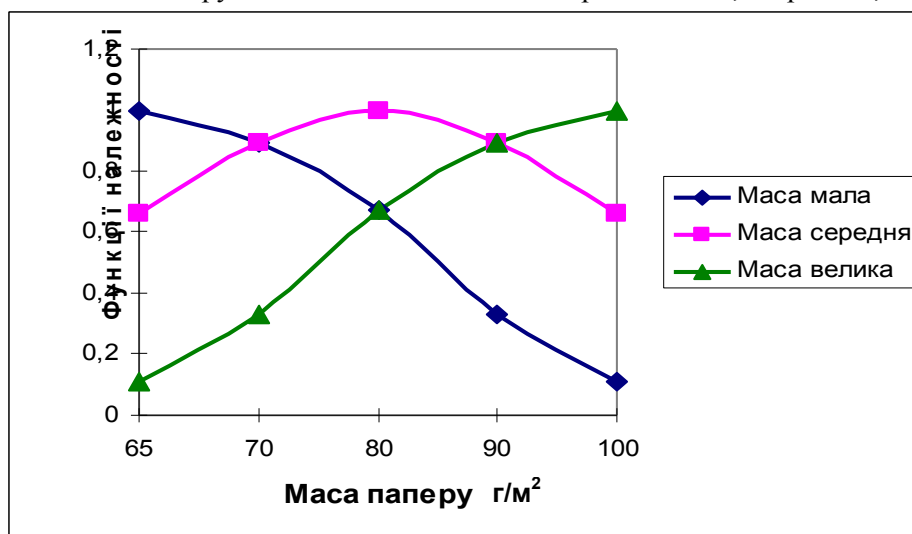


Рис. 1. Функції належності лінгвістичної змінної «маса паперу»

Наступний параметр z_2 «щільність паперу» заданий на універсальній множині $G(z_2) = [0,55; 0,95]$ г/см² лінгвістичними термами «низька», «середня», «висока». За аналогією пронормовані значення функцій належності подамо у вигляді таких нечітких множин:

$$\text{низька} = \left\{ \frac{1}{0,55}, \frac{0,78}{0,65}, \frac{0,44}{0,75}, \frac{0,22}{0,85}, \frac{0,11}{0,95} \right\} \text{ г/см}^2;$$

$$\text{середня} = \left\{ \frac{0,14}{0,55}, \frac{0,36}{0,65}, \frac{1}{0,75}, \frac{0,36}{0,85}, \frac{0,14}{0,95} \right\} \text{ г/см}^2;$$

$$\text{висока} = \left\{ \frac{0,11}{0,55}, \frac{0,22}{0,65}, \frac{0,44}{0,75}, \frac{0,78}{0,85}, \frac{1}{0,95} \right\} \text{ г/см}^2.$$

Точки поділу утворюють множину $G = \{0,55; 0,65; 0,75; 0,85; 0,95\}$.

Графіки функцій належності лінгвістичної змінної «щільність паперу» для лінгвістичних термів «низька», «середня», «висока» відображено на рис. 2.

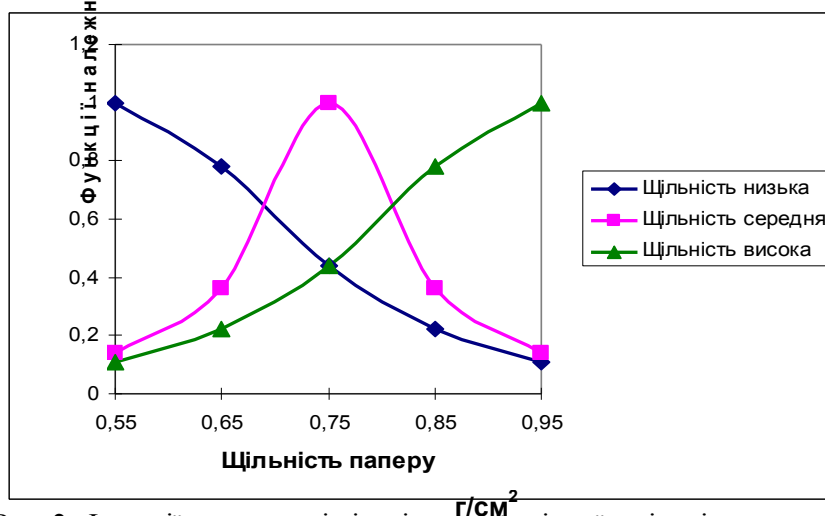


Рис. 2. Функції належності лінгвістичної змінної «щільність паперу»

Змінна z_3 «білизна кожної сторони», задана на $G(z_3) = [83; 88]$ лінгвістичними термами «низька», «нормальна», «висока» і множиною $G = \{83, 84, 86, 87, 88\}$. Нечіткі множини:

$$\begin{aligned} \text{низька} &= \left\{ \frac{0,98}{83}; \frac{0,98}{84}; \frac{0,98}{86}; \frac{0,98}{87}; \frac{0,98}{88} \right\} \% ; \\ \text{нормальна} &= \left\{ \frac{0,98}{83}; \frac{0,98}{84}; \frac{0,98}{86}; \frac{0,98}{87}; \frac{0,98}{88} \right\} \% ; \\ \text{висока} &= \left\{ \frac{0,98}{83}; \frac{0,98}{84}; \frac{0,98}{86}; \frac{0,98}{87}; \frac{0,98}{88} \right\} \% . \end{aligned}$$

Суміщені графіки функцій належності відображено на рис.3.

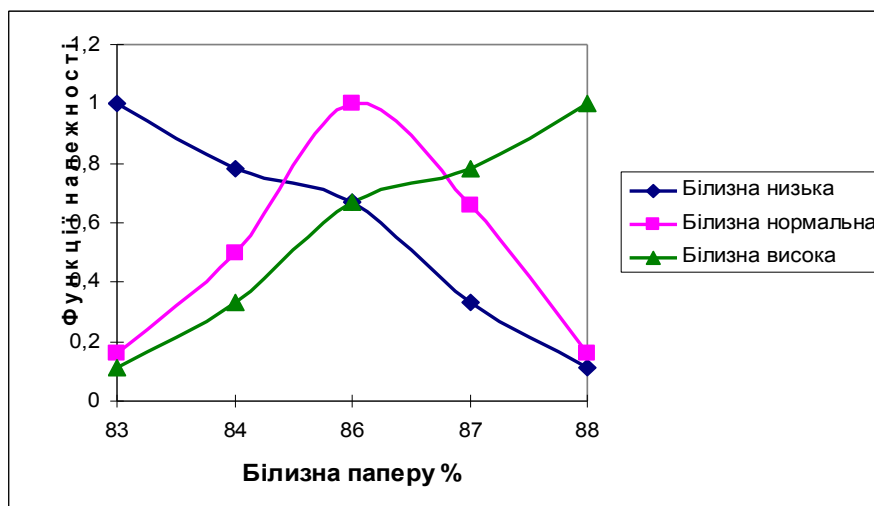


Рис. 3. Функції належності лінгвістичної змінної «білизна кожної сторони»

4. Висновки

Отримані результати завершують перший етап, який називається фазифікацією [2,5,9]. Суть його полягає у встановленні для параметрів паперу універсальної множини значень, ідентифікованих відповідними лінгвістичними термами, та розрахунку необхідних для їх формалізації значень функцій належності – відповідника нечіткого формату змінних величин.

Подальше моделювання прогнозу якості офсетного паперу полягатиме у реалізації процесу дефазифікації, суть якого – побудова нечітких логічних рівнянь і нечіткої бази знань, що ґрунтуються на встановлених лінгвістичних термах та відповідних їм функціях належності.

1. Гавенко С. Системний аналіз і методи керування якістю книжкової продукції / С. Гавенко, І. Корнілов, В. Ничка. – Ужгород: Карпати, 1996. – 80 с. 2. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде. – М.: Мир, 1976. – 165 с. 3. Мельников О.В. Технология плоского офсетного друку: підруч. / О.В. Мельников. – 2-е вид., випр. – Львів: Укр. акад. друкарства, 2007. – 388 с. 4. Ромейков И.В. Графические искажения на оттисках офсетной печати / И.В. Ромейков, А.В. Владимиров // Научные труды по печатным процессам. – Ч. II, 1975. – С. 44-48. 5. Ротштейн О.П. Soft Computing в біотехнології: багатофакторний аналіз і діагностика: монографія / О.П. Ротштейн, Є.П. Ларушкін, Ю.І. Мітюшкін. – Вінниця: УНІВЕРСАМ-Вінниця, 2008. – 144 с. 6. Т. Саати. Принятие решений (Метод анализа иерархий) / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с. 7. Сеньківська Н.Є. Ієрархія факторів друкарського процесу (на прикладі плоского офсетного друку) // Н.Є. Сеньківська, О.В. Мельников, В.М. Сеньківський / Поліграфія і видавнича справа. № 1 (53), Львів: 2011. С. 152-158. 8. Сеньківська Н. Є. Синтез моделі факторів прогнозування якості процесу друкування (на прикладі плоского офсетного друку) / Н. Є. Сеньківська // Квалілогія книги : зб. наук. пр. – Львів : УАД, 2011. – Вип. № 1 (19). – С. 46–52. 9. Сявакко М.С. Інформаційна система «Нечіткий експерт» / М.С. Сявакко. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 320 с. 10. Свідectво 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.