

УДК 655.5:004.942

АЛГОРИТМ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ МОНТАЖНИХ СПУСКІВ

В. М. Сеньківський, І. В. Піх, О. В. Литовченко, Т. С. Голубник, Ю. І. Петрів

Українська академія друкарства,
вул. Підголосько, 19, Львів, 79020, Україна

Визначено доцільність застосування засобів нечіткої логіки, лінгвістичних змінних і функцій належності факторів для встановлення міри їх впливу на якість формування монтажних спусків книжкових видань та побудови алгоритму імітаційної моделі прогностичного оцінювання якості реалізації монтажних спусків. Основою формування алгоритму стали вихідні дані та експертні судження. До них віднесено такі компоненти: перелік факторів, які суттєво впливають на процес реалізації спусків сторінок книжкових видань, описаних множиною лінгвістичних змінних; універсальна терм-множина значень лінгвістичних змінних, яка містить описову суть змінної, множину меж зміни технологічних параметрів, що ідентифікують виокремлені фактори, лінгвістичні терми якісного оцінювання лінгвістичних змінних; модель логічного виведення — основи формування показника якості реалізації монтажних спусків.

Ключові слова: алгоритм, монтажний спуск, нечітка логіка, нечітка множина, функція належності, лінгвістична змінна, лінгвістичний терм, фазифікація, дефазифікація, інтегральний показник, імітаційна модель, інтерфейс.

Постановка проблеми. Моделювання процесів проектування та отримання монтажних спусків книжкових видань (МСКВ), використання методів системного аналізу та експертних даних забезпечило отримання оптимізованих моделей пріоритетного впливу виокремлених факторів (лінгвістичних змінних) на досліджувані процеси.

Розроблена структурно-функціональна модель інформаційної технології прогностичного оцінювання якості проектування та отримання монтажних спусків передбачає можливість створення алгоритму розрахунку числового інтегрального показника якості реалізації монтажного спуску книжкових видань та синтезу на його підставі імітаційної моделі із значно ширшими можливостями, про що буде сказано пізніше.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Виконані раніше дослідження свідчать про певні досягнення у цьому напрямі [1; 2; 6–8]. Так, здійснено формування універсальної терм-множини значень та відповідних їй лінгвістичних термів, які відображають якісні характеристики виокремлених факторів. Розроблено нечітку базу знань, що відтворює алгоритм реалізації якості монтажного спуску залежно від рівня якості лінгвістичних термів. Побудовано нечіткі логічні рівняння, які визначають зв'язок між функціями належності вхідних та вихідних даних. Розраховано числовий показник прогнозованої якості проектування та отримання МСКВ за методом центра ваги плоскої фігури.

Мета статті. Створення інформаційної технології прогнозування якості проектування та реалізації монтажних спусків книжкових видань уможливило розроблення засобів автоматизованого керування процесом отримання прогнозованого результату залежно від значень вхідних параметрів, заданих універ-

сальною терм-множиною. З цією метою побудовано алгоритм, відповідну йому блок-схему та імітаційну модель прогностичного оцінювання процесу отримання якісних монтажних спусків у вигляді програмного пакета PROGNOZ.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основою формування алгоритму імітаційної моделі оцінювання якості реалізації монтажних спусків стали методи та засоби нечіткої логіки, а також описані нижче вихідні дані й експертні судження. Базовою в цьому плані є множина факторів, які суттєво впливають на процеси проектування та реалізації спусків сторінок книжкових видань, описана набором лінгвістичних змінних. Процедуру реалізації монтажного спуску книжкового видання вважатимемо деякою функцією [1; 2], що залежить від указаних нижче факторів:

$$P = F(s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8), \quad (1)$$

де s_1 — обсяг видання (ОВД); s_2 — тип друкарської машини (ТДМ); s_3 — спосіб комплектування (СКТ); s_4 — розкладання звороту (РЗВ); s_5 — тип скріплення блока (ТСБ); s_6 — тип зошита (ТЗШ); s_7 — фальцювання (ФЛЦ); s_8 — формат видання (ФТВ).

Однією з найважливіших компонент імітаційної моделі виступає універсальна терм-множина значень лінгвістичних змінних (ЛЗ), яка містить описову суть змінної, множину меж зміни технологічних параметрів, що ідентифікують виокремлені фактори, лінгвістичні терми якісного оцінювання ЛЗ [3–6].

На підставі експертних суджень стосовно сукупного впливу виокремлених факторів на процес реалізації монтажних спусків формується нечітка база знань, яка відтворює алгоритм досягнення прогнозованої якості залежно від комбінації значень лінгвістичних термів, заданих табл. 1 [6–8].

Паралельно проектується багаторівнева модель нечіткого логічного виведення — основа формування показника якості реалізації монтажних спусків (рис. 1). Модель працює за принципом «знизу–вверх», забезпечуючи послідовність встановлення прогнозу якості через її накопичення від найнижчого до найвищого рівнів. Структурно містить моделі: якості структурування видання; якості технологічних процедур; якості обладнання. Для підпорядкованих моделей визначаються функції належності стосовно відповідних їм лінгвістичних змінних — основа розрахунку інтегрального показника якості.

Остаточна нечітка база знань згідно з моделями логічного виведення (рис. 1) для найвищого рівня, ідентифікованого лінгвістичною змінною P — «якість реалізації монтажних спусків» і лінгвістичними термами «низька», «середня», «висока», може бути подана таким узагальненим судженням:

якщо ($X = \text{низька}$) І ($X = \text{середня}$) І ($X = \text{висока}$)

І ($Y = \text{низька}$) І ($Y = \text{середня}$) І ($Y = \text{висока}$)

І ($Z = \text{рулонна}$) І ($Z = \text{аркушева}$),

то ($P = \text{низька}$) І ($P = \text{середня}$) І ($P = \text{висока}$).

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	(150x210–210x270) (315–567) см ²	малий, середній, великий
x_3	Тип зошита	(1–5) у. о.	складний, неповний, повний
x_4	Тип скріплення блока	(2x32–24x32) (64–768) у. о.	клеювий, комбінований, нитками
y_1	Спосіб комплектування (кількість сторінок видання)	(4–768) с.	вкладанням, впідбір
y_2	Фальцювання (точність, якість)	(1,5–3) мм	низька, середня, висока
y_3	Розкладання звороту (точність суміщення)	(0–2) мм	низька, середня, висока
z	Тип друкарської машини	(1–5) у. о.	аркушева, рулонна

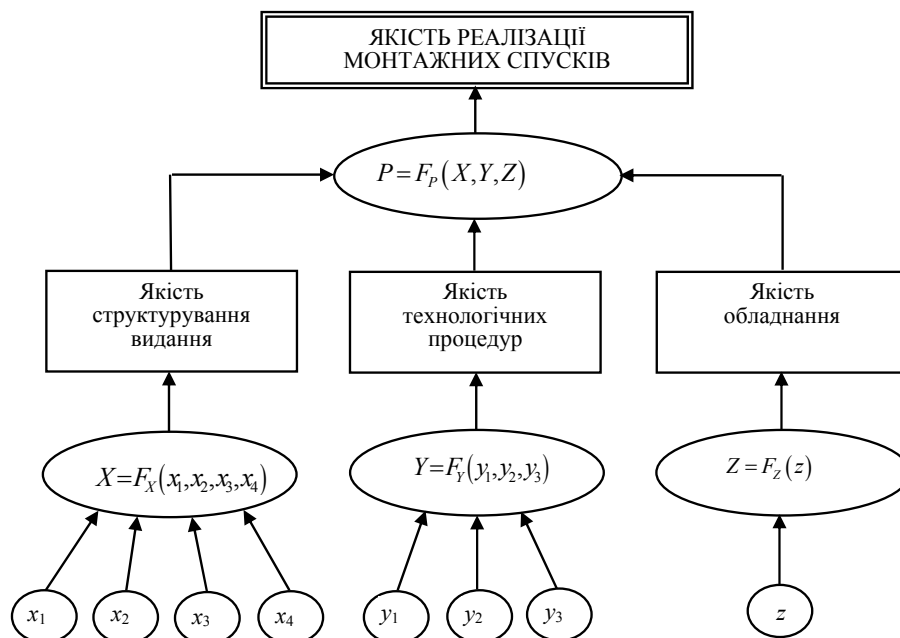


Рис. 1. Модель логічного виведення: формування інтегрального показника якості реалізації монтажних спусків

Відповідно до сформульованих вище умов будуюмо матрицю знань.

Таблиця 2

Матриця знань для лінгвістичної змінної P

Якість структуризації видання X	Якість технологічних процедур Y	Якість обладнання (тип друк. машини) Z	Якість реалізації монтажних спусків P
Низька	низька	рулонна	низька
Низька	низька	аркушева	
Середня	середня	рулонна	середня
Висока	середня	аркушева	
Висока	висока	рулонна	висока
Середня	висока	рулонна	

Матриці знань (табл. 2) відповідатимуть нечіткі логічні рівняння, що визначатимуть процедури отримання значень функцій належності (ФН) для множини термів інтегрального показника якості реалізації монтажних спусків, враховуючи два варіанти формування якості [8, 10–13].

Для терму «низька» отримаємо:

$$\mu_{\text{низька}}(P) = \mu_{\text{низька}}(X) \wedge \mu_{\text{низька}}(Y) \wedge \mu_{\text{рулонна}}(Z) \vee \mu_{\text{низька}}(X) \wedge \mu_{\text{низька}}(Y) \wedge \mu_{\text{аркушева}}(Z).$$

Функція належності стосовно терму «середній»:

$$\mu_{\text{середня}}(P) = \mu_{\text{середня}}(X) \wedge \mu_{\text{середня}}(Y) \wedge \mu_{\text{рулонна}}(Z) \vee \mu_{\text{висока}}(X) \wedge \mu_{\text{середня}}(Y) \wedge \mu_{\text{аркушева}}(Z).$$

Терму «висока» відповідатиме така функція належності:

$$\mu_{\text{висока}}(P) = \mu_{\text{висока}}(X) \wedge \mu_{\text{висока}}(Y) \wedge \mu_{\text{рулонна}}(Z) \vee \mu_{\text{середня}}(X) \wedge \mu_{\text{висока}}(Y) \wedge \mu_{\text{рулонна}}(Z).$$

Експертні висловлювання на черговому рівні ієрархії стосуватимуться лінгвістичних змінних X , Y і Z . Для кожної з них запроєктовано нечіткі бази знань, відповідні їм матриці знань та лінгвістичні рівняння, враховуючи множини $T(x_1, x_2, x_3, x_4)$, $T(y_1, y_2, y_3)$, $T(z)$.

Якість реалізації монтажного спуску вважаємо лінгвістичним термом P . Для його формалізованого подання використаємо універсальну нечітку множину $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, на якій задаються перераховані вище ЛЗ та ранги $r_p(d_i)$, що визначають пріоритетність лінгвістичних термів (ЛТ) на квантах (частинах) поділу універсальної множини значень у встановлених діапазонах d_i ($i = 1, \dots, n$). У результаті формалізоване подання ЛТ «якість монтажного спуску» P можна зобразити нечіткою множиною, елементи якої містять сукупності пар [4, 11]:

$$P = \left\{ \frac{\mu_p(d_1)}{d_1}, \frac{\mu_p(d_2)}{d_2}, \dots, \frac{\mu_p(d_n)}{d_n} \right\}, \quad (2)$$

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

Розрахунок кількісного значення оцінки якості процесу реалізації кінцевих монтажних спусків книжкових видань здійснимо, виконавши дефазифікацію нечіткої множини (2) за принципом центра ваги [9]:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^m \left[\underline{P} + (i-1) \frac{\bar{P} - \underline{P}}{m-1} \right] \mu_i(P)}{\sum_{i=1}^m \mu_i(P)}, \quad (3)$$

де \underline{P} , \bar{P} — відповідно мінімальне і максимальне значення показника якості; m — кількість нечітких термів.

Для обчислення за формулою (3) враховуємо такі вихідні дані: $m = 3$;

$$\mu_1(P) = \mu_{\text{низька}}(P) = 0,22; \mu_2(P) = \mu_{\text{середня}}(P) = 0,50; \mu_3(P) = \mu_{\text{висока}}(P) = 0,66;$$

умовні межі для змінної P , тобто $\underline{P} = 1 \text{ у.о.}$; $\bar{P} = 9 \text{ у.о.}$ Розрахунок виконаємо за трьома точками: 1, 5, 9. Отримаємо:

$$P_{\text{прогноз.}} = \frac{1 \cdot 0,22 + 5 \cdot 0,50 + 9 \cdot 0,66}{0,22 + 0,50 + 0,66} = 6,27 \text{ у.о.} \quad (4)$$

На підставі отриманих даних розроблено блок-схему алгоритму розрахунку інтегрального показника якості реалізації монтажних спусків (рис. 2).

Алгоритм відтворює загальну логіку функціонування програмної компоненти, яка полягає у виконанні таких процедур: введення елементів універсальної множини, що стосуються інтервалів можливих значень факторів (лінгвістичних змінних) найнижчого рівня; введення матриці знань, віднесених до категорій; введення технологічних параметрів факторів, заданих універсальною терм-множиною; формування масивів функцій належності та матриць з пронормованими значеннями функцій належності у точках квантування інтервалів параметризації лінгвістичних змінних; розрахунок інтегрального показника якості процесу отримання монтажного спуску; аналіз результатів та прийняття рішення стосовно завершення чи продовження роботи програми.

Згідно з наведеним алгоритмом запроєктовано програму PROGNOZ, яка акумулює в собі описані вище процедури та забезпечує активний діалог з користувачем за допомогою багатофункціонального інтерфейсу (рис. 3).

Як впливає з рис. 3, вікно містить вкладки «Значення факторів з універсальної терм-множини» та «Очікуване значення показника якості». Перша стосується основного призначення програми, тобто забезпечує введення початкових даних і виведення відповідного їм значення показника якості. Друга вкладка забезпечує зворотний зв'язок, суть якого полягає в заданні очікуваного рівня якості, згідно з яким користувач отримує значення вхідних параметрів, що зумовили наперед заданий результат. Значення вхідних параметрів задаються в спеціальних вікнах-опціях: «X1: Обсяг видання, фіз. арк.»; ...; «X4: Тип

скріплення блока, у. о.»; «Y1: Спосіб комплектування, стор.» і т. д. Кожне з цих вікон має спадне меню з можливими варіантами даних.

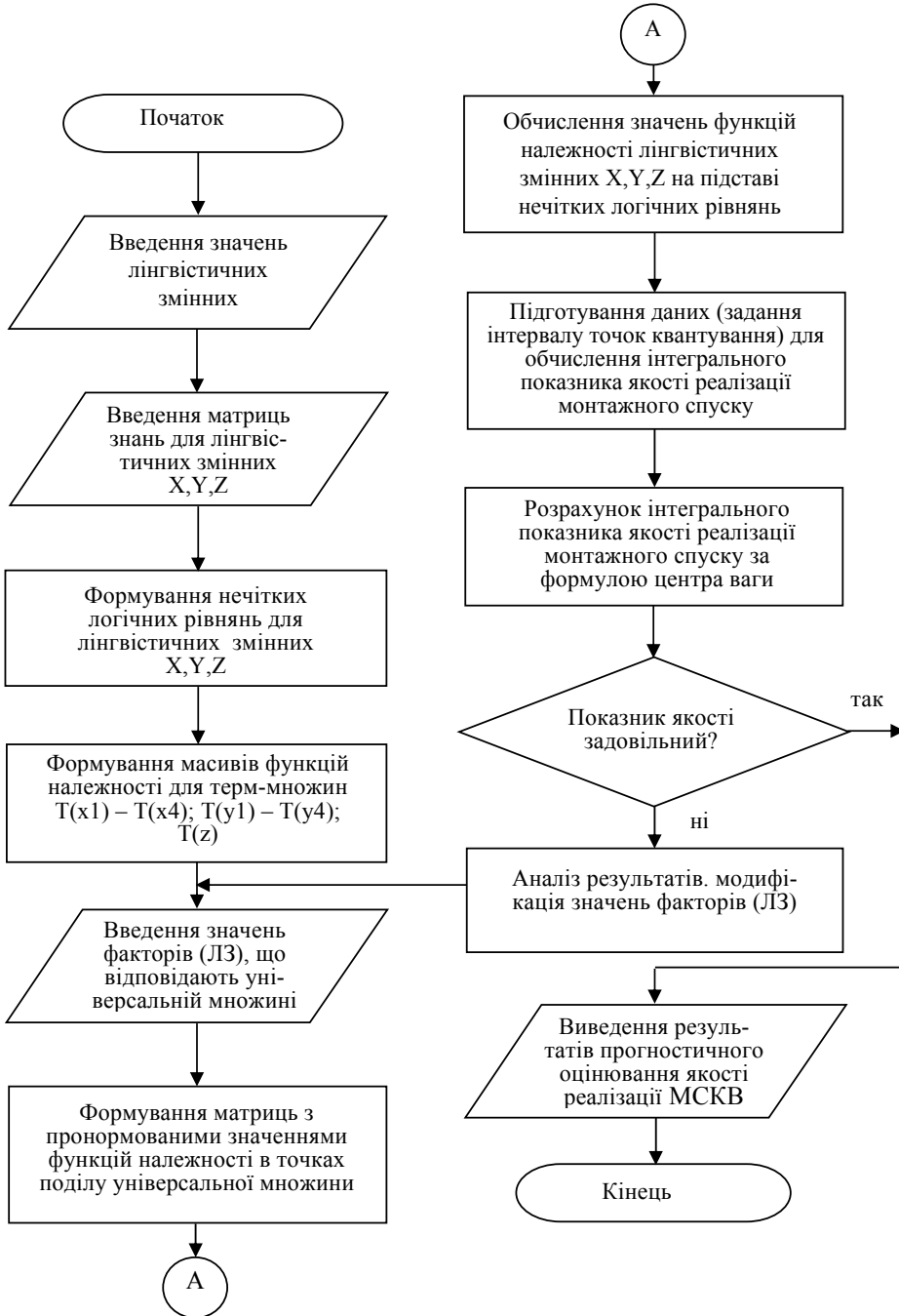


Рис. 2. Блок-схема алгоритму розрахунку значення інтегрального показника якості реалізації монтажних спусків

Прогнозування якості реалізації монтажних спусків

Значення факторів з універсальної терм-множини Очікуване значення показника якості

X1: Обсяг видання, фіз. аркушів X4: Тип скріплення блоку, у. о. Y3: Точність суміщення, мм

X2: Формат видання, кв. см Y1: Спосіб комплектування, стор. Z: Тип друкарської машини, у. о.

X3: Тип зошита, у. о. Y2: Точність фальцювання, мм

	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Z	Якість
1	2	390	3	768	768	1.5	0	5	8.213675213675213
2	2	390	3	768	768	2.3	0	5	8.213675213675213
3	2	390	3	768	768	1.9	0	5	8.140186915887849
4	2	390	3	576	768	1.9	0	5	8.132075471698112
5	2	390	3	576	768	1.5	0	5	8.132075471698112
6	2	390	3	576	768	2.3	0	5	8.132075471698112

Рис. 3. Вікно інтерфейсу програми PROGNOZ

Висновки. Розроблений алгоритм розрахунку значення інтегрального показника якості реалізації монтажних спусків та побудована на його основі імітаційна модель у вигляді програми й інструктивних матеріалів стосовно можливостей і варіантів її функціонування можуть бути використані не тільки для керування процесом прогностичного отримання належної якості реалізації МСКВ. Запроектована база даних уможливіє планування поліграфічного виробництва, оскільки наперед задана для програми проектована (очікувана) якість книжкової продукції забезпечується додатковою інформацією, суть якої стосується технічних і технологічних чинників та матеріалів, характеристики яких зумовили очікуваний показник.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сеньківський В. М. Ранжування факторів впливу на якість формування монтажних спусків / В. М. Сеньківський, Т. С. Голубник // Поліграфія і видавнича справа. — 2013. — № 1–2 (61–62). — С. 51–57.
2. Голубник Т. С. Синтез моделей факторів прогнозування якості формування монтажного спуску книжкових видань / Т. С. Голубник, В. М. Сеньківський // Поліграфія і видавнича справа. — 2014. — № 1–2 (65–66). — С. 56–62.
3. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде. — М. : Мир, 1976. — 165 с.

4. Заде Л. Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных интеллектуальных систем / Л. Заде // *Новости искусственного интеллекта*. — М., 2001. — № 2–3. — С. 7–11.
5. Ротштейн О. П. Soft Computing в біотехнології: багатofакторний аналіз і діагностика : моногр. / О. П. Ротштейн, Є. П. Ларушкін, Ю. І. Мітюшкін. — Вінниця : УНІВЕРСАМ-Вінниця, 2008. — 144 с.
6. Сеньківський В. М. Засади нечіткої логіки при забезпеченні якості формування монтажних спусків / В. М. Сеньківський, І. В. Піх, Т. С. Голубник // *Наукові записки [Українська академія друкарства]*. — 2014. — № 1–2 (46–47). — С. 77–83.
7. Сеньківський В. М. Побудова функцій належності факторів якості формування монтажних спусків / В. М. Сеньківський, І. В. Піх, Т. С. Голубник, Ю. І. Петрів // *Технологія і техніка друкарства*. — 2014. — № 3 (45). — С. 20–29.
8. Сеньківський В. М. Нечітка база знань та нечіткі логічні рівняння у процесі реалізації монтажних спусків / В. М. Сеньківський, І. В. Піх, Т. С. Голубник // *Наукові записки [Українська академія друкарства]*. — 2014. — № 3 (48). — С. 111–119.
9. Сявакко М. С. Інформаційна система «Нечіткий експерт» / М. С. Сявакко. — Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. — 320 с.
10. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. — М. : Горячая линия–Телеком, 2007. — 288 с.
11. Бартіш М. Я. Дослідження операцій. Ч. 3. Ухвалення рішень і теорія ігор / М. Я. Бартіш, І. М. Дудзяний. — Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. — 278 с.
12. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій : підруч. / Ю. П. Зайченко. — 7-е вид., переробл. та доп. — К. : Вид. Дім «Слово», 2006. — 816 с.
13. Саати Т. Принятие решений (Метод анализа иерархий) / Т. Саати. — М. : Радио и связь, 1993. — 278 с.

REFERENCES

1. Senkivskiy V. M. and Holubnyk T. S. (2013), Ranking factors influencing the quality of formation installation runs, *Printing and publishing*, No. 1–2 (61–62), Lviv, pp. 51–57.
2. Holubnyk T. S. and Senkivskiy V. M. (2014), Synthesis models predicting factors as forming assembly shutter book editions, *Printing and publishing*, No. 1–2 (65–66). — Lviv, pp. 56–62.
3. Zade L. A. (1976), *Concept of linguistic variable and its application to the adoption of approximate solutions*, Mir, Moscow.
4. Zade L. (2001), Role of soft computing and fuzzy logic in understanding the design and development of information systems, *intelligent, News of artificial intelligence*, No. 2–3. pp. 7–11.
5. Rothstein O. P., Larushkin E. P. and Mityushkin Y. I. (2008), *Soft Computing in biotechnology: multivariate analysis and diagnostics: a monograph*, Ball: supermarket, Vinnytsja.
6. Senkivskiy V. M., Pikh I. V. and Holubnyk T. S. (2014), Principles of fuzzy logic in providing quality slopes forming assembly, *Scientific Paper [Ukrainian Academy of Printing]*, No.1–2 (46–47), pp. 77–83.
7. Senkivskiy V. M., Pikh I. V., Holubnyk T. S. and Petriv Y. I. (2014), Construction functions of quality factors forming assembly runs, *Technology and printing technology*, No. 3 (45), pp. 20–29.
8. Senkivskiy V. M., Pikh I. V. and Holubnyk T. S. (2014), Fuzzy knowledge base and fuzzy logic equation in the implementation of installation runs, *Scientific Papers [Ukrainian Academy of Printing]*, No. 3 (48), pp. 111–119.

9. Syavavko M. S. (2007), Information System Fuzzy former Perth, Ivan Franko Lviv National University publishing house, Lviv.
10. Shtovba S. D. (2007), Design of fuzzy systems by means of MATLAB, Hotline – Telecom, Moscow.
11. Bartish M. J. and Dudziany I. M. (2009), Research operations. Part 3. Decision-making and game theory, Ivan Franko Lviv National University publishing house, Lviv.
12. Zaichenko Y. P. (2006), Operations Research tutorial. Seventh edition, revised and updated, Word, Kyiv.
13. Saaty T. (1993), Decision-making (Analytic hierarchy), Radio and communication, Moscow.

ALGORITHM OF THE QUALITY EVALUATION SIMULATION MODEL OF DESCENT INSTALLATIONS

V. M. Senkivskiy, I. V. Pikh, O. V. Lytovchenko, T. S. Holubnyk, Yu. I. Petriv
*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pidholosko St., Lviv, 79020, Ukraine
senk.vm@gmail.com*

The expediency of fuzzy logic means, linguistic variables and implementing functions of factors to establish a measure of their impact on the quality of assembly formation book editions descents and the simulation model predictive algorithm for evaluating of the mounting slopes implementation quality have been determined. The raw data and expert judgment were the basis of the algorithm formation. These include the following: a list of factors that significantly affect the implementation process of book pages runs of publications described by the set of linguistic variables; the universal-term set of linguistic variables containing the description of the variable; the set of limits of technological parameters changing that identify singled factors; the linguistic terms of qualitative evaluation of linguistic variables; the model inference — the basis of the quality index formation of descent installations.

Keywords: *algorithm, mounting descent, fuzzy logic, fuzzy set membership function, linguistic variable linguistic term, phasing, defuzzification, integral index, simulation model, the interface.*

Стаття надійшла до редакції 19.12.2014.

Received 19.12.2014.