

УДК 655.3.022+004.942

В.Б. Репета, В.М. Сеньківський, Н.С. Гургалъ

Українська академія друкарства

ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ УФ-ФЛЕКСОГРАФІЧНОГО ДРУКУ ЕТИКЕТКИ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

На основі аналізу процесу друкування етикетки на УФ-флексграфічній машині сформовано нечіткі множини для вибраних лінгвістичних змінних і побудовано логічні рівняння прогнозування його якості .

Флексграфічний друк, якість друкування, лінгвістична змінна, нечіткі множини, логічні рівняння

За прогнозами компанії AWA щорічний приріст європейського ринку виробництва етикеткової продукції до 2017 року складатиме приблизно 1,5–2% [5]. Розширення ринку етикетки пояснюється тим, що за останні роки спостерігається зростання соціально-економічних чинників, розробляються новітні технології і матеріали, з'являються нові споживчі тенденції. Відповідно, такі напрями сприяють розвитку флексграфічного друку, впровадження в якому інновацій значно покращило якість відбитків та конкурентоздатність порівняно з офсетним друком.

У роботі [1] визначено критерії та важливість щодо їх впливу на якість УФ-флексграфічного друку. Отримання таких даних уможливило подальший аналіз процесу друкування з розробленням моделі прогнозування його якості. Ключовими елементами при розробленні моделей прогнозування та забезпечення якості технологічного процесу можуть бути числові експериментальні дані і певні нечіткі множини як результат логіки міркування експерта. Ця нечітка логіка характеризує здатність людини узагальнювати інформацію та виділяти головні її особливості, необхідні для прийняття відповідного рішення [3, 4].

Таким чином, моделювання процесу флексграфічного друку для забезпечення його якості з урахуванням нечіткої логіки дає можливість використовувати кількісні та якісні бази знань, запропоновані персоналом, що володіє досвідом роботи на відповідному поліграфічному устаткуванні. Результатом такого моделювання є база знань, яка складається з сукупності правил, що поєднують між собою низку вхідних лінгвістичних змінних технологічного процесу та відповідної якості продукції.

Якість флексграфічного друку Q залежить від характеристики застосовуваних матеріалів, устаткування і режиму технологічного процесу. Відповідно, якість технологічного процесу визначається як

$$Q = f(X, Y, Z), \quad (1)$$

де X – лінгвістична змінна, яка описує вплив властивостей задрукованого матеріалу; Y – лінгвістична змінна, що характеризує устаткування; Z – лінгвістична змінна, котра характеризує параметри технологічного процесу.

Лінгвістичну змінну, яка окреслює вплив властивостей задрукуваного матеріалу, знаходить за формулою

$$X = f(x), \quad (2)$$

де x – величина поверхневої енергії задрукуваного матеріалу (при друкуванні на полімерних плівках).

Лінгвістична змінна, що описує вплив устаткування, обчислюється так:

$$Y = f(y), \quad (3)$$

де y – тип і параметри анілоксових валиків.

Лінгвістичну змінну, яка характеризує особливість технологічного процесу, визначають залежністю

$$Z = f(s), \quad (3)$$

де s – швидкість друкування.

Оцінку значень лінгвістичних змінних проводили за допомогою системи якісних понять, кожне з яких становить відповідну нечітку множину, тобто деяку властивість, що розглядається як лінгвістичний терм. Для лінгвістичних змінних, які забезпечують якість друкування етикетки, існують оціночні терми (див. таблицю).

Лінгвістичні змінні процесу друкування етикетки

| Змінна | Універсальна множина | Терми оцінювання |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------|
| Поверхнева енергія задрукуваного матеріалу (полімерна плівка) | 36–44 мДж/м ² | низька |
| | | середня |
| | | висока |
| Тип і параметри анілоксового валика (лініатура, друкування СМҮК) | 230–470 лін/см | низька |
| | | середня |
| | | висока |
| Швидкість друкування | 35–60 м/хв | низька |
| | | середня |
| | | висока |

Побудуємо функції належності для критерію «Поверхнева енергія задрукуваного матеріалу» (полімерна плівка). Відповідно до результатів, отриманих у роботі [2], поверхнева енергія плівки визначена за універсальною множиною: $u_1=36$ мДж/м²; $u_2=38$ мДж/м²; $u_3=40$ мДж/м²; $u_4=42$ мДж/м²; $u_5=44$ мДж/м².

Для лінгвістичної оцінки критерію використано сукупність нечітких термів: $T(x) = \langle \text{низька}, \text{середня}, \text{висока} \rangle$. Після формування та розв'язання матриці попарних порівнянь впливу поверхневої енергії полімерної плівки на якість відбитків за відношенням до термів «низька», «середня», «висока»

отримаємо функції належності лінгвістичної змінної «Поверхнева енергія задрукованого матеріалу» (рис. 1) і наступні нечіткі множини:

$$\text{Поверхнева енергія низька} = \left(\frac{1}{36}; \frac{0,9}{38}; \frac{0,67}{40}; \frac{0,33}{42}; \frac{0,11}{44} \right) \text{ мДж/м}^2$$

$$\text{Поверхнева енергія середня} = \left(\frac{0,67}{36}; \frac{0,78}{38}; \frac{1}{40}; \frac{0,78}{42}; \frac{0,67}{44} \right) \text{ мДж/м}^2$$

$$\text{Поверхнева енергія висока} = \left(\frac{0,11}{36}; \frac{0,33}{38}; \frac{0,67}{40}; \frac{0,9}{42}; \frac{1}{44} \right) \text{ мДж/м}^2.$$

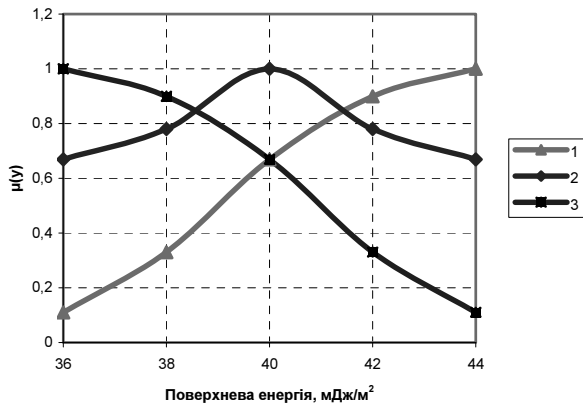


Рис. 1. Функції належності лінгвістичної змінної «Поверхнева енергія задрукованого матеріалу»: 1 – висока; 2 – середня; 3 – низька

Побудуємо функції належності для лінгвістичної змінної «Тип і параметри анілоксового валика» (лініатура), що визначають якість відтворення СМΥК-зображень. Відповідно до оснащення друкарської машини Gallus EM 280 лініатура анілоксових валиків визначена за універсальною множиною: $u_1=230$ лін/см; $u_2=285$ лін/см; $u_3=315$ лін/см; $u_4=390$ лін/см; $u_5=470$ лін/см.

Для лінгвістичної оцінки критерію використовували сукупність нечітких термів: $T(y) = \langle \text{низька}, \text{середня}, \text{висока} \rangle$. Після формування матриці попарних порівнянь впливу лініатури анілоксових валиків за відношенням до термів «низька», «середня», «висока» отримано функції належності впливу на якість друкування лінгвістичної змінної «Тип і параметри анілоксового валика» (рис.2) і наступні нечіткі множини:

$$\text{Якість друкування низька} = \left(\frac{1}{230}; \frac{0,77}{285}; \frac{0,55}{315}; \frac{0,33}{390}; \frac{0,11}{470} \right) \text{ лін/см}$$

$$\text{Якість друкування середня} = \left(\frac{0,56}{230}; \frac{0,72}{285}; \frac{1}{315}; \frac{0,72}{390}; \frac{0,56}{470} \right) \text{ лін/см}$$

$$\text{Якість друкування висока} = \left(\frac{0,11}{230}; \frac{0,33}{285}; \frac{0,55}{315}; \frac{0,77}{390}; \frac{1}{470} \right) \text{ лін/см.}$$

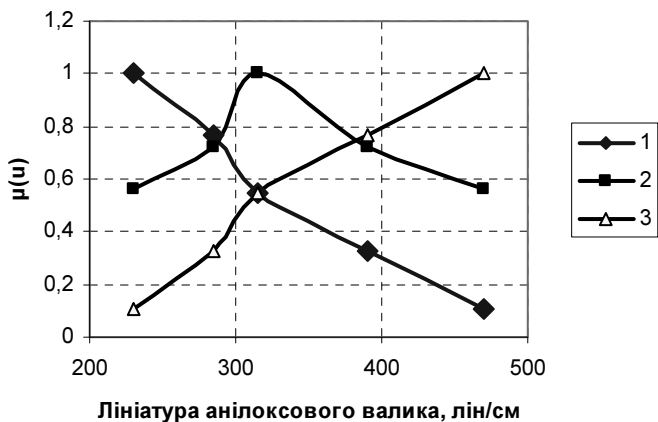


Рис. 2. Функції належності лінгвістичної змінної «Тип і параметри анілоксового валика» (лініатура) як критерію якості відтворення СМΥК-зображень:
1 – низька; 2 – середня; 3 – висока

Побудуємо функції належності для лінгвістичної змінної «Швидкість друкування», яка визначає якість етикетки при різній швидкості друкування. Швидкість друкування визначена за універсальною множиною: $u_1 = 35$ м/хв; $u_2 = 40$ м/хв; $u_3 = 45$ м/хв; $u_4 = 50$ м/хв; $u_5 = 60$ м/хв.

Для лінгвістичної оцінки критерію використовували сукупність нечітких термів: $T(s) = \langle \text{низька}, \text{середня}, \text{висока} \rangle$. Після формування матриці попарних порівнянь впливу на якість відбитків швидкості друкування за відношенням до термів «низька», «середня», «висока» отримаємо функції належності лінгвістичної змінної «Швидкість друкування» (рис. 3).

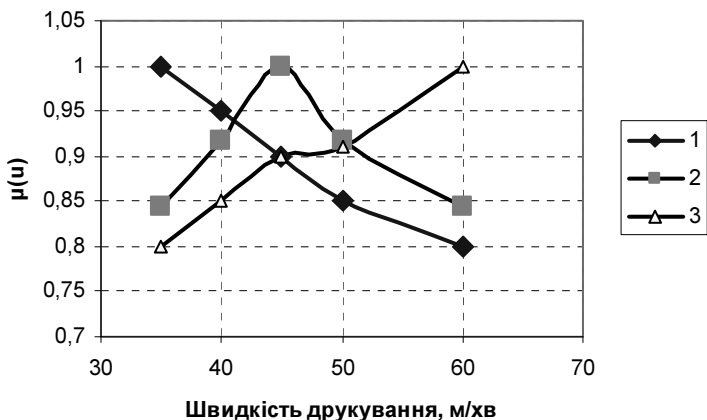


Рис. 3. Функції належності впливу лінгвістичної змінної «Швидкість друкування»:
1 – висока; 2 – середня; 3 – низька

Вплив «Швидкості друкування» на якість етикетки у вигляді нечітких множин має такий вигляд:

$$\text{Якість друкування низька} = \left(\frac{1}{35}; \frac{0,95}{40}; \frac{0,9}{45}; \frac{0,85}{50}; \frac{0,8}{60} \right) \text{ м/хв}$$

$$\text{Якість друкування середня} = \left(\frac{0,84}{35}; \frac{0,92}{40}; \frac{1}{45}; \frac{0,92}{50}; \frac{0,84}{60} \right) \text{ м/хв}$$

$$\text{Якість друкування висока} = \left(\frac{0,8}{35}; \frac{0,85}{40}; \frac{0,9}{45}; \frac{0,95}{50}; \frac{1}{60} \right) \text{ м/хв.}$$

Сформуємо нечітку базу знань забезпечення якості процесу УФ-флексграфічного друку етикетки на полімерній плівці:

1. Для терму «низька»:

Якщо ($y = \text{низька}$), ($w = \text{низька}$) і ($s = \text{висока}$)

або ($y = \text{висока}$), ($w = \text{низька}$) і ($s = \text{висока}$),

то якість $Q = \text{низька}$.

2. Для терму «середня»:

Якщо ($y = \text{середня}$), ($w = \text{середня}$) і ($s = \text{низька}$)

або ($y = \text{середня}$), ($w = \text{висока}$) і ($s = \text{середня}$),

то якість $Q = \text{середня}$.

3. Для терму «висока»:

Якщо ($y = \text{середня}$), ($w = \text{висока}$) і ($s = \text{висока}$)

або ($y = \text{середня}$) і ($w = \text{висока}$) і ($s = \text{середня}$),

то якість $Q = \text{висока}$.

Логічні рівняння забезпечення якості процесу УФ-флексграфічного друкування етикетки мають наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \mu^n &= \mu^n(y) \wedge \mu^n(w) \wedge \mu^s(s) \vee \mu^s(y) \wedge \mu^n(w) \wedge \mu^n(s) \\ \mu^c &= \mu^c(y) \wedge \mu^c(w) \wedge \mu^n(s) \vee \mu^c(y) \wedge \mu^s(w) \wedge \mu^c(s) \\ \mu^s &= \mu^c(y) \wedge \mu^s(w) \wedge \mu^s(s) \vee \mu^c(y) \wedge \mu^s(w) \wedge \mu^c(s). \end{aligned} \quad (5)$$

При підстановці ступенів належності в систему нечітких логічних рівнянь, які визначають якість друкування етикетки підвищеної складності, отримуємо рівняння функцій належності:

$$\mu_n = 0,9 \wedge 0,33 \wedge 0,95 \vee 0,3 \wedge 0,33 \wedge 0,85 = 0,33$$

$$\mu_c = 0,78 \wedge 0,72 \wedge 0,95 \vee 0,78 \wedge 0,77 \wedge 0,92 = 0,77$$

$$\mu_s = 0,78 \wedge 0,77 \wedge 0,95 \vee 0,78 \wedge 0,77 \wedge 0,92 = 0,77.$$

Встановимо верхню і нижню межу якості технологічного процесу УФ-флексграфічного друкування Q : нижня – 1 у.о., верхня – 10 у.о. Провівши де-фазифікацію за принципом центру ваги, згідно з формулою

$$Q = f(X, Y, Z) = \frac{\sum_{i=1}^m u_i \cdot \mu(u_i)}{\sum_{i=1}^m \mu(u_i)} \quad (6)$$

отримаємо кількісний показник якості:

$$Q = \frac{1 \cdot 0,33 + 5 \cdot 0,77 + 10 \cdot 0,77}{0,33 + 0,77 + 0,77} = 6,4 \text{ у.о.}$$

Отже, проведений аналіз процесу друкування етикетки на вузькорулонній УФ-флексграфічній машині з використанням експертно-лінгвістичної інформації і правила «якщо-то» дозволили отримати нечіткі логічні рівняння впливу лінгвістичних змінних на технологічний процес УФ-флексграфічного друку і розрахувати його якість у кількісному вигляді, що у подальшому уможливило розробку імітаційної моделі прогнозування якості друкування.

1. Модель ієрархії критеріїв процесу вузькорулонного УФ-флексграфічного друку / В.Б. Репета, Н.С. Гургал, В.М. Сеньківський [та ін.] // Поліграфія і видавнича справа : наук.-техн. зб. – Львів: Укр. акад. друкарства, – 2012. – №3. 2. Репета В.Б. Поверхнева енергія та адгезійні властивості полімерних плівок / В.Б. Репета // Комп'ютерні технології друкарства : зб. наук. пр. – Львів: Укр. акад. друкарства, – 2010. – №23. – С. 168–172. 3. Ротштейн О. П. Soft Computing в біотехнології: багатофакторний аналіз і діагностика: моногр. / Ротштейн О. П., Ларюшкін Є. П., Мітюшкін Ю. І. – Вінниця: УНІВЕРСАМ-Вінниця, 2008. – 144 с. 4. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, нейронные сети, генетические алгоритмы / А. П. Ротштейн. – Винница: УНІВЕРСАМ-Вінниця, 1999. – 320 с. 5. Llewellyn W. Global Label Market: State Of The Industry / William Llewellyn // Flexo. – March. – 2014. – С. 12–18.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА УФ-ФЛЕКСГРАФСКОЙ ПЕЧАТИ ЭТИКЕТКИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

На основе анализа процесса УФ-флексграфической печати сформированы нечеткие множества для лингвистических переменных процесса и построены логические уравнения прогнозирования качества печати.

PREDICTING QUALITY OF UV-FLEXOGRAPHIC LABEL PRINTING ON FUZZY LOGIC BASED

Based on the analysis of the process of UV-flexographic printing formed fuzzy sets of linguistic variables for process and constructed logical equation predicting quality of UV-flexo printing labels.

Стаття надійшла 10.04.2014