

УДК 681.628

© В. Б. Струтинський, д.т.н., професор, Т. Ю. Киричок, д.т.н., професор, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

**ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ  
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ  
ЯКОСТІ ДРУКОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Проведено теоретичне обґрунтування комп'ютерно-інтегрованих методів контролю якості друкованої продукції. Запропоновано нову методику порівняння друкованого відбитка з еталоном. Методика використовує діагностичні параметри у вигляді моментів розподілу чорного кольору по площі відбитка. Проведено математичне моделювання ступеня чутливості методу до наявності детермінованих і випадкових дефектів друкованої продукції. Зроблено висновки про переваги і недоліки запропонованого методу для контролю якості друкованої продукції.

**Ключові слова:** відбиток; еталон; матрична модель; якість відбитка; діагностичні параметри; чутливість; випадкові дефекти.

**Постановка проблеми**

Контроль якості друкарських відбитків є складовою організацією ефективного технологічного процесу друкування. Враховуючи постійне зростання автоматизації технологічних процесів, вимогою часу є застосування комп'ютерно-інтегрованих методів контролю якості відбитків. Тому теоретичне обґрунтування розроблення комп'ютерно-інтегрованих методів контролю якості друкарських відбитків є актуальним.

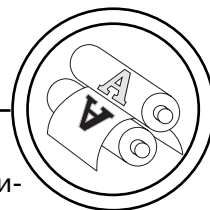
Проблема в загальному вигляді полягає у створенні надійних і ефективних методів контролю якості друкованої продукції, зокрема штрихових зображень.

**Аналіз попередніх досліджень**

У теорії та практиці оцінювання якості як друкованих, так і цифрових зображень, відсутній єдиний підхід [1, 2]. Для оцінювання друкованих зображень використовують дві групи методів:

— об'єктивні, або метрологічні, методи, котрі визначають якість фізичними методами (вимірвальним, реєстраційним, розрахунковим);

— суб'єктивні (візуальні, суб'єктивно-статистичні, (психометричні [2]) методи (експертні, соціологічні, органолептичні), які визначають якість зображення за суб'єктивними оцінками експертів чи споживачів.



Кількісні методи оцінювання зображень можуть базуватися як на абсолютних оцінках різкості [3], чи контрасту [4], чи використовувати порівняльні вимірювання різного типу [5, 6]. Порівняльні оцінки цифрових зображень ґрунтуються на визначенні різниці між кольором відповідних пікселів зображення, що потребує точного суміщення еталонного і оцінюваного зображень і не завжди може бути реалізовано для сканованого чи поліграфічно відтвореного зображення.

Окремі публікації [7, 8] присвячені порівнянню графічних об'єктів, зокрема друкарської продукції. Вони є основою контролю якості друкарських відбитків шляхом порівняння відбитка з еталоном [9].

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що в даний час проблема створення комп'ютерно-інтегрованих методів контролю якості друкованої продукції, зокрема штрихових зображень, розроблена недостатньо [10, 11].

### **Мета роботи**

Метою досліджень поставлена розробка нового методу контролю якості друкованої продукції, який базується на обробці матричної моделі рисунка з використанням моментів високого порядку для характеристики матриці.

Для досягнення мети поставлені і вирішені задачі досліджень, що включають якісний аналіз типового графічного об'єкта та встановлення особливостей його оцифрування, розроблення методів аналізу

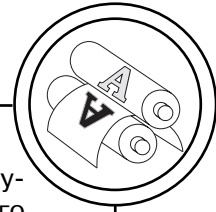
матричної моделі об'єкта з використанням моментів високого порядку та визначення чутливості методу до детермінованих та випадкових дефектів друкарських відбитків.

В процесі досліджень застосовані переважно теоретичні методи, які використовують моменти високого порядку для опису розподілу інтенсивності чорного кольору по поверхні рисунка та математичне моделювання чутливості методу до наявності детермінованих та випадкових дефектів друкарських відбитків.

### **Результати проведених досліджень**

Методика і програмне забезпечення для інтегрального контролю якості друкованої продукції базується на порівнянні друкарського відбитка з еталоном, який поданий у закодованому вигляді масивом параметрів, що описує графічний об'єкт. Запропоновано різні підходи до розробки методики інтегрального контролю якості друкованої продукції. Вони реалізують різні за точністю та трудомісткістю способи контролю якості друкованої продукції. Розроблені методи порівняльного експрес-аналізу та методи уточненого порівняння відбитка з еталоном. В рамках даного дослідження розглянуто один із запропонованих методів, який використовує моменти високого порядку для опису розподілу інтенсивності чорного кольору по поверхні рисунка. Цей метод особливо ефективний для рисунків, центральне поле яких є достатньо





ділянок, на які розбивається поле рисунка. Для наведеного зображення його поле розбито на 14 ділянок по висоті ( $i = 1, 2, \dots, 14$ ) та на 8 ділянок по ширині ( $j = 1, 2, \dots, 8$ ). Збільшення числа ділянок здійснюється за необхідності шляхом дроблення вибраної ділянки на окремі елементи.

Кожній ділянці зображення ставиться у відповідність число  $I_{ij}$ , яке в певному масштабі описує середню інтенсивність чорного кольору по площі ділянки. Коли на ділянці наявні лише лінії, то її інтенсивність визначається загальною площею ліній із врахуванням насиченості їх кольору. Середня інтенсивність ділянки  $I_{ij}$  визначається як загальна інтенсивність елемента, поділена на його площу. В загальному випадку середня

інтенсивність знаходиться як сума інтенсивностей для кожного пікселя електронного образу ділянки малюнка із врахуванням їх яскравості.

За необхідності уточнення одержаної матричної моделі еталона будуються більш детальні моделі по кожному елементу. Як приклад, розглянемо характерний елемент рисунка з номером  $i = 6, j = 2$ . Він включає наявний на рисунку злам ліній  $V_1$ . При деталізації даного елемента шляхом збільшення масштабу має місце поступове розмиття зображення (рис. 2).

За достатньо великого збільшення пікселі набувають вигляду прямокутників (наприклад, прямокутники  $\Pi_4, \Pi_5$ ). При цьому подальше збільшення зображення не приводить до уточнення матричної моделі. Врахо-

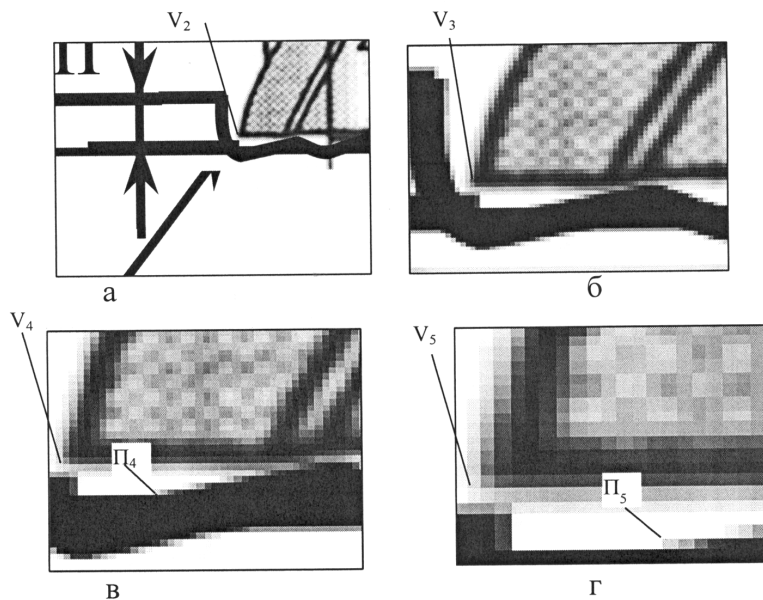
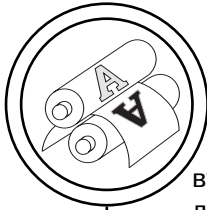


Рис. 2. Поступове розмиття зображення окремого елемента рисунка при збільшенні масштабу в 4 рази (а), 12 разів (б), 20 разів (в) та 40 разів (г)



вуючи вищенаведене, встановлено, що побудова точної матричної моделі рисунка еталона можлива, але потребує додаткових обчислювальних ресурсів і повинна проводитись лише в разі необхідності.

Розглянемо побудову матричної моделі еталону для рисунка прийнятого в якості типового (рис. 1). Кожному прямокутному елементу рисунка, який розбито ортогональною сіткою, ставиться у відповідність середня інтенсивність чорного кольору по площі елемента:

$$I_{ij}^e, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m.$$

Значення інтенсивності по окремих елементах подається у вигляді матриці. Для розглянутого рисунка визначені конкретні значення інтенсивностей, які нормовані по деякому середньому значенню інтенсивності елементів і відповідають наступній матриці:

$$I_{ij}^e := \begin{pmatrix} 0.002 & 0.5 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.15 & 0.05 & 0 & 0 & 0.002 & 0.002 & 0.002 & 0 \\ 0 & 0.15 & 0.06 & 0 & 0.0001 & 0.07 & 0.003 & 0.003 & 0 \\ 0.001 & 0.12 & 0.03 & 0 & 0.09 & 0.2 & 0.15 & 0.05 & 0 \\ 0.01 & 0.14 & 0.002 & 0 & 0.1 & 0.2 & 0.08 & 0 & 0 \\ 0.001 & 0.002 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0005 & 0.0002 & 0 \\ 0 & 0.0008 & 0.001 & 0.001 & 0.0003 & 0.002 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.001 & 0.013 & 0.004 & 0.013 & 0.0003 & 0.0001 & 0 & 0 \\ 0 & 0.005 & 0.15 & 0.12 & 0.1 & 0.002 & 0.001 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0015 & 0.25 & 0.1 & 0.25 & 0.17 & 0.11 & 0 & 0 \\ 0 & 0.001 & 0.15 & 0.004 & 0.0045 & 0.003 & 0.0001 & 0 & 0 \\ 0 & 0.001 & 0.02 & 0.025 & 0.0001 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0005 & 0.02 & 0.017 & 0.0002 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Матриця є додатно визначеною. Її компоненти знаходяться в межах (0...1). Ряд компонентів матриці є нульовими і відповідають елементам рисунка без графічних зображень. В матриці наявні компоненти, значення

яких набагато перевищують значення сусідніх компонент. Для визначення вказаного рівня компонент проведена візуалізація матриці (рис. 3).

Шляхом візуалізації встановлюється відносний розподіл інтенсивності чорного кольору по площі рисунка та визначаються елементи рисунка із значною інтенсивністю кольору.

Матрична модель (1) і відповідна стовпчаста діаграма (рис. 3) використовується для експрес аналізу якості друкованої продукції. Для цього матриця відбитка  $I_{ij}$  порівнюється з матрицею еталону  $I_{ij}^e$ . Умовою відповідності відбитка еталону є наближена рівність матриць  $I_{ij} \cong I_{ij}^e$ :

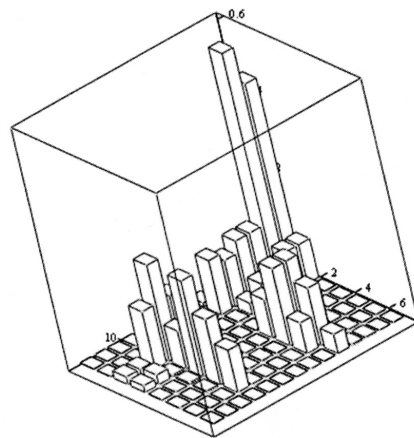
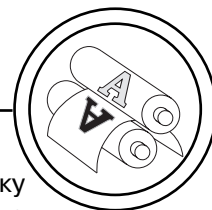


Рис. 3. Візуалізація матриці, яка визначає інтенсивність кольору по елементам рисунка (рис. 1) прийнятого в якості базового

Для уточнення порівняння відбитка з еталоном запропоновано методи уточненого порівняльного аналізу. Методи базуються на порівнянні спеціально введених діагностичних параметрів еталону та відбитка, який



з ним порівнюється. В якості діагностичних параметрів вибрані моменти розподілу інтенсивності чорного кольору по площі рисунка визначені по одержаній раніше матричній моделі. Вони є основою комп'ютерно-інтегрованих методів контролю якості друкованої продукції.

З метою підвищення точності матриця інтенсивності кольору масштабується множенням на скаляр (масштаб)  $\mu$ . Обчислюється момент нульового порядку еталону та відбитків:

$$m_0 = \mu \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m I_{ij}. \quad (2)$$

Момент нульового порядку  $m_0$  [12] з точністю до множника  $\mu$  є діагностичним параметром графічного об'єкта (рис. 1). Він визначає загальну для рисунка інтенсивність чорного кольору і пропорційний об'єму фарби, яка використана при друкуванні еталона чи відбитка.

Моменти першого порядку розподілу інтенсивності чорного кольору рисунка визначаються відносно вісей  $x_1$  і  $y_1$  і обчислюються згідно формул:

$$\begin{aligned} m_{x1} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m I_{ij} \times \mu \times \Delta y \times \left(i - \frac{1}{2}\right), \\ m_{y1} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m I_{ij} \times \mu \times \Delta x \times \left(j - \frac{1}{2}\right). \end{aligned} \quad (3)$$

Моменти з точністю до множника є діагностичними параметрами графічного об'єкта. Вони визначають розподіл інтенсивності чорного кольору в напрямках вісей  $x$  і  $y$ . На основі знайде-

них моментів першого порядку знаходиться центр рисунка відповідний однаковому розподілу фарби між його половинами (точка  $C$  на рис. 1). При цьому обчислюються центральні координати зображення, рівноважні по розподілу чорного кольору. Вони являють собою координати центра графічного об'єкта по моментам першого порядку і обчислюються із урахуванням формул (2), (3) згідно залежностей:

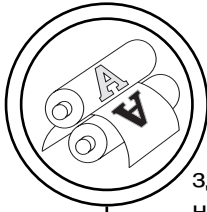
$$x_c = \frac{m_{x1}}{m_0}, \quad y_c = \frac{m_{y1}}{m_0}. \quad (4)$$

Фізичною умовою центра зображення є рівність кількості фарби нанесеної на праву і ліву частини зображення та рівність кількості фарби нанесеної на верхню і нижню частини. Координати центра є діагностичними параметрами для порівняння еталона із відбитком.

Із використанням одержаного центра розподілу кольору проводиться центрування координат ділянок рисунка [13] згідно залежностей:

$$\begin{aligned} x_j &= \Delta x \left(j - \frac{1}{2}\right) - x_c, \\ y_i &= \Delta y \left(i - \frac{1}{2}\right) - y_c. \end{aligned} \quad (5)$$

Уведена система центральних координат  $x$ ,  $y$  служить для знаходження моментів високих порядків, що визначають характер розподілу чорного кольору по площі зображення. Обчислення центральних моментів другого порядку (дисперсії та кореляції) розподілу чорного кольору по площі зображення



здійснюється на основі залежностей:

$$\begin{aligned}m_{x2} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_i^2 I_{ij} * \mu, \\m_{y2} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_j^2 I_{ij} * \mu, \\m_{xy2} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_i x_j I_{ij} \mu.\end{aligned} \quad (6)$$

Дані моменти є діагностичними параметрами для порівняння еталону із відбитком.

Аналогічними залежностями визначаються моменти більш високих порядків [12]:

$$\begin{aligned}m_{xv} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_i^v I_{ij} \mu, \\m_{yv} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_j^v I_{ij} \mu,\end{aligned} \quad (7)$$

де  $v$  — порядок моменту.

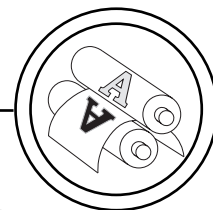
Змішані моменти включають добутки координат різних степенів відповідно формул:

$$\begin{aligned}m_{xyv1} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_i^{v-1} x_j I_{ij} \mu, \\m_{xyv2} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_i^{v-2} x_j^2 I_{ij} \mu, \\m_{xy(v-1)} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_i x_j^{(v-1)} I_{ij} \mu.\end{aligned} \quad (8)$$

Обчислені за формулами (2–8) діагностичні параметри зображення-еталона (рис. 1) з матричною моделлю (1) являють собою вектор, який знаходиться в першому стовпчику таблиці (табл.).

Діагностичні параметри еталона порівнюються із фактичними

діагностичними параметрами відбитка. Для встановлення основних закономірностей зміни параметрів при наявності дефектів на відбитках проведено спеціальні дослідження шляхом математичного моделювання. Для оцінки чутливості метода і встановлення закономірностей зміни діагностичних параметрів розглянуто модельні задачі відповідні рисунку, на окремих ділянках якого знаходяться ізолювані дефекти у вигляді плям незначної інтенсивності. Прийнята в якості характерних ділянок ділянка в центрі зображення (ділянка  $D_0$  на рис. 1) та ділянки  $D_1, D_2, D_3, D_4$  розташовані по периферії зображення. Обрані ділянки дають можливість встановити вплив розташування дефектів на зміни діагностичних параметрів у вигляді моментів розподілу кольору по площі зображення. Реалізація модельних задач проведена при інтенсивності дефекту на ділянці, що складає 1 % від загальної інтенсивності кольору зображення. Перша модельна задача відповідає зображенню, на центральній ділянці якого (ділянка  $D_0$ ) наявний дефект з інтенсивністю 1 %. Розраховані діагностичні параметри зображення із вказаним дефектом наведені в другому стовпчику таблиці. Моменти відносно вісей  $x$  і  $y$  зображення з дефектом і еталона мало відрізняються між собою. Це пояснюється незначною відстанню дефекту від центра зображення. Змішані моменти зображення з дефектом і еталона мають відмінності, які зростають із ростом порядку



Діагностичні параметри еталона, подані в порівнянні із параметрами відбитків, в яких наявні дефекти на різних ділянках поля зображення

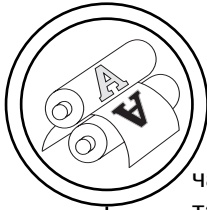
Діагностичний параметр	Зображення-еталон	Зображення зі зміною на центральній ділянці	Зображення із змінами на периферійних ділянках (i, j)			
			(2,2)	(13,2)	(13,7)	(2,7)
$m_0$	4,513	4,558				
$x_c$	42,401	42,437	42,177	42,177	42,826	42,826
$y_c$	54,97	54,97	54,574	55,663	55,663	54,574
$m_{y2} \cdot 10^{-3}$	6,881	6,881	6,952	7,1	7,1	6,952
$m_{y2} \cdot 10^{-3}$	2,514	2,515	2,537	2,537	2,596	2,596
$m_{y2} \cdot 10^{-3}$	0,733	1,733	1,774	1,662	1,867	1,656
$m_{y3} \cdot 10^{-4}$	7,759	7,759	8,296	7,832	7,832	8,296
$m_{y3} \cdot 10^{-4}$	3,578	3,552	3,696	3,696	3,603	3,603
$m_{xy31} \cdot 10^{-4}$	-3,205	-3,229	-3,072	-3,778	-2,816	-3,06
$m_{xy32} \cdot 10^{-4}$	-1,308	-1,32	-1,221	-1,246	-1,065	-1,678
$m_{y4} \cdot 10^{-7}$	1,704	1,704	1,728	1,789	1,789	1,728
$m_{y4} \cdot 10^{-6}$	2,75	2,745	2,795	2,795	2,839	2,839
$m_{xy41} \cdot 10^{-6}$	3,714	3,711	3,759	3,459	4,395	3,521
$m_{xy42} \cdot 10^{-6}$	2,702	2,704	2,714	2,816	3,143	2,847
$m_{xy43} \cdot 10^{-6}$	1,079	1,08	1,105	1,008	1,314	9,721
$m_{y5} \cdot 10^{-8}$	3,792	3,792	4,087	3,928	3,928	4,087
$m_{y5} \cdot 10^{-7}$	8,586	8,538	8,871	8,871	8,633	8,633
$m_{xy51} \cdot 10^{-7}$	-6,673	-6,733	-5,951	-9,679	-3,996	-6,347
$m_{xy52} \cdot 10^{-6}$	7,044	6,782	1,049	1,072	2,536	2,088
$m_{xy53} \cdot 10^{-7}$	1,085	1,057	1,272	8,735	2,253	1,368
$m_{xy54} \cdot 10^{-6}$	-2,431	-2,583	-8,206	-2,594	4,05	-9,033
$m_{y6} \cdot 10^{-10}$	5,075	5,075	5,186	5,431	5,431	5,186
$m_{y6} \cdot 10^{-9}$	4,599	4,581	4,723	4,723	4,653	4,653
$m_{xy61} \cdot 10^{-9}$	7,564	7,55	7,629	6,258	1,075	7,076
$m_{xy62} \cdot 10^{-9}$	5,942	5,946	5,985	6,424	7,882	6,21
$m_{xy63} \cdot 10^{-9}$	2,977	2,976	3,029	2,786	4,11	2,764
$m_{xy64} \cdot 10^{-9}$	2,205	2,204	2,233	2,275	2,904	2,417
$m_{xy65} \cdot 10^{-8}$	7,3	7,304	7,733	6,481	1,115	5,216
$m_{y7} \cdot 10^{-12}$	1,798	1,798	1,933	1,903	1,903	1,933
$m_{y7} \cdot 10^{-11}$	1,961	1,949	2,033	2,033	1,94	1,94
$m_{xy71} \cdot 10^{-11}$	-1,774	-1,792	-1,518	-3,11	-1,722	-1,742
$m_{xy72} \cdot 10^{-10}$	5,287	5,233	6,579	7,24	1,563	5,048
$m_{xy73} \cdot 10^{-10}$	3,1	3,037	3,84	1,49	9,517	3,659
$m_{xy74} \cdot 10^{-10}$	3,707	3,665	4,167	3,899	7,648	2,55
$m_{xy75} \cdot 10^{-10}$	4,471	4,432	4,738	4,498	6,91	5,042
$m_{xy76} \cdot 10^{-9}$	1,6	1,445	4,219	-2,821	1,509	-9,037

моменту. Так для моментів сьомого порядку відмінності досягають 10 %. Таким чином наявність дефекту в центрі зображення мало змінює діагностичні

параметри. Це є недоліком запропонованого методу.

Значна зміна діагностичних параметрів має місце при наявності дефектів на периферійних





частинах рисунків (колонки 4–7 таблиці). Наявність дефекту 1 % на периферійній ділянці змінює положення центра рисунка на 1...2 %. Зміни моментів відносно вісей складають 1...3 % для моментів 2-го порядку і збільшуються з ростом порядку моменту, досягаючи 5...7 % для моментів 7-го порядку. Мають місце значні зміни змішаних моментів. Моменти другого порядку  $m_{xy2}$  змінюються на 3...5 %, а моменти третього порядку  $m_{xy31}$  та  $m_{xy32}$  змінюються на 10...20 %. Це свідчить про надзвичайну чутливість метода до дефектів, які розташовані по периферії відбитка. Зміни діагностичних параметрів у вигляді змішаних моментів високих порядків є ще більш суттєвими. Моменти  $m_{xy51}$  та  $m_{xy54}$  змінюються на 40...80 % і вище, а моменти  $m_{xy71}$  та  $m_{xy76}$  змінюються на 80...200 % і вище. Це підтверджує ефективність запропонованого метода для виявлення дефектів друкарських відбитків, які мають місце на периферійних ділянках відбитків.

Як правило дефекти друкарських відбитків мають випад-

ковий характер із незначною інтенсивністю. Тому проведено математичне моделювання ефективності методу при наявності випадкових дефектів рівномірно розподілених по всій площі зображення. Прийнято, що дефекти розподілені певним чином у деякій кількості відбитків. Запропонована математична модель зміни інтенсивності дефектів по площі зображення у вигляді експоненціальної залежності випадкової амплітуди:

$$\varphi(k) = a_k^* \cdot e^{-\frac{(k-k_0)^2}{\sigma_k^2}}, \quad (9)$$

де  $a_k^*$  — випадкова величина з рівномірним законом розподілу;  $k$  — номер друкарського відбитка;  $\sigma_k$ ,  $k_0$  — параметри, які визначають закон розподілу дефектів по площі та числу відбитків [9].

Випадкові зміни інтенсивності дефектів відповідні формулі (9) визначають хаотичні зміни кольору по площі та числу відбитків, огинаять яких відповідає нормальному закону (рис. 4).

Проведено математичне моделювання зміни діагностичних

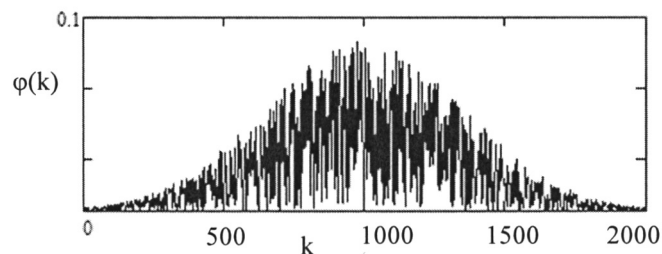
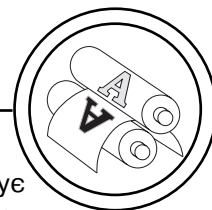


Рис. 4. Хаотичні зміни інтенсивності розподілу кольору по числу друкарських відбитків, прийняті як типові при моделюванні змін діагностичних параметрів



параметрів відбитків із випадковими дефектами. Встановлено, що діагностичні параметри у вигляді координат центра  $x_c$ ,  $y_c$  близькі до середнього рівня (рис. 5).

Із аналізу рисунків випливає, що при значних випадкових дефектах відбитків мають місце зміни координат центра рисунка

на 5...9 %. Це підтверджує порівняно низьку чутливість запропонованого метода при використанні моментів 1-го порядку.

Зміни моментів високих порядків є більш значними. Розрахункові значення моментів другого порядку зазнають змін на 18...36 % (рис. 6).

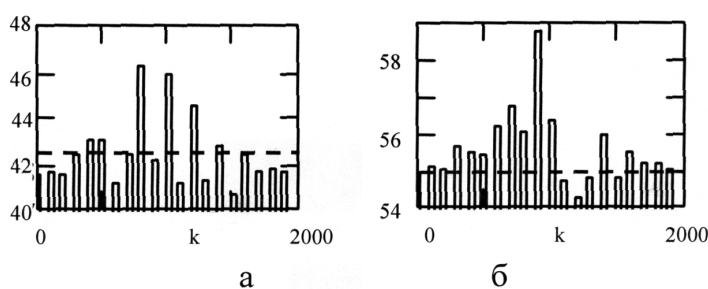


Рис. 5. Характер зміни діагностичних параметрів у вигляді координат центра рисунка при випадкових змінах дефектів відбитків: а — зміна координати  $x_c$ ; б — зміна координати  $y_c$

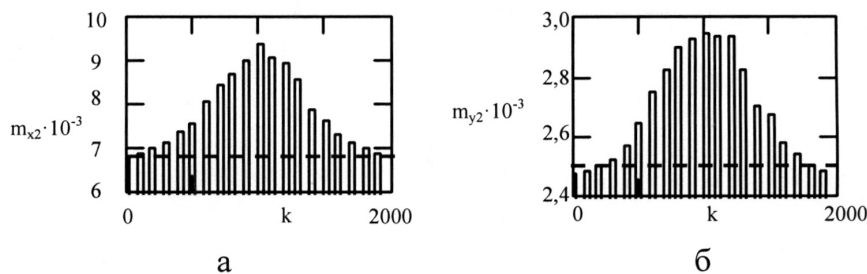


Рис. 6. Зміни моментів другого порядку  $m_{x2}$  (а) та  $m_{y2}$  (б) при випадкових змінах дефектів відбитків, відповідних закону, наведеному на рис. 4

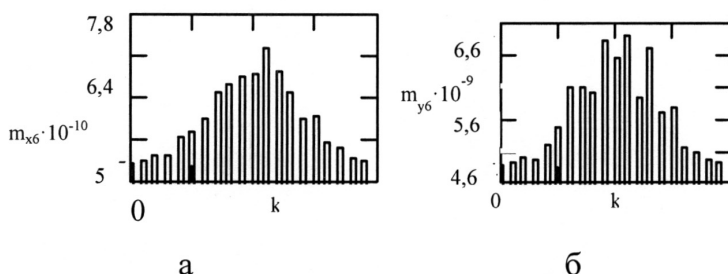
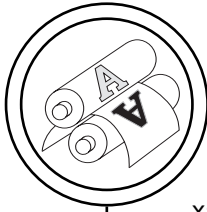


Рис. 7. Зміна моментів шостого порядку  $m_{x6}$  (а) та  $m_{y6}$  (б) при випадкових змінах дефектів відбитків



Простежується відповідність хаотичних змін інтенсивності розподілу кольору по числу відбитків із значенням моментів.

Моменти високих порядків змінюються ще більш суттєвим чином. Так зміни моментів 6-го порядку сягають 40...45 %: (рис. 7).

Із аналізу гістограм, наведених на рис. 6 та 7, випливає, що характер зміни моментів відповідає закону випадкових змін відбитків з дефектами.

Наведені результати математичного моделювання підтвердили ефективність запропонованого методу контролю якості друкованої продукції. Напрямоком подальших досліджень буде усунення недоліків методу, до яких слід віднести його низьку чутливість до дефектів друкованої продукції, які знаходяться в центрі відбитка. Для усунення цього недоліку можуть бути запропоновані інші методи. Зокрема, уточнення порівняльного аналізу відбитка та еталону пропонується здійснити шляхом аналізу центрів кластерів розподілу інтенсивності кольору, які визначаються за допомогою штучних нейронних мереж у вигляді карт, що самоорганізуються [14]. Входами мереж є результати сканування відбитка і еталона у двох напрямках у вигляді реалізацій розподілу інтенсивності кольору по двом координатам. Центри кластерів

прийняті в якості діагностичних параметрів.

### Висновки

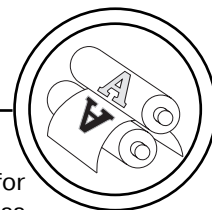
1. Встановлено, що матрична модель розподілу інтенсивності кольору з достатньою для практики точністю описує подібні графічні об'єкти, зокрема еталон та друкарські відбитки. При необхідності матрична модель може бути уточнена використанням більш дрібної сітки та врахуванням розподілу інтенсивності кольору по площі елементів відбитка.

2. Доведено, що діагностичні параметри у вигляді моментів розподілу чорного кольору по площі відбитка є ефективним засобом порівняння друкарського відбитка з еталоном. При цьому незначні (до 5%) дефекти відбитка приводять до суттєвих (на 40...80 %) змін діагностичних параметрів, при чому зміни збільшуються із підвищенням номера моменту, обраного як діагностичний параметр.

3. Показано, що випадкові дефекти відбитків незначної інтенсивності приводять до змін діагностичних параметрів відповідних закону розподілу дефектів по числу відбитків. При цьому максимальні зміни діагностичних параметрів складають 18...45 % при середній зміні інтенсивності дефектів 5%.

### Список використаної літератури

1. Гавенко С. Ф. Оцінка якості поліграфічної продукції : навч. посібник / С. Ф. Гавенко, О. В. Мельников. — Львів : Афіша, 2000. — 120 с.
2. Мониц Ю. И. Оценки качества для анализа цифровых изображений / Ю. И. Мониц, В. В. Старовойтов // Искусственный интеллект. — 2008. — № 4. — С. 376–386.



3. Wang X., Tian B., Liang C., Shi D. Blind Image Quality Assessment for Measuring Image Blur // *Pross. Congress on Image and Signal 2008 Congress on Image and Signal Processing*, 2008. — pp. 467–470.

4. Журавель И. М. Краткий курс теории обработки изображений. Консультационный центр MATLAB компании Softline [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/index.php>.

5. Мониц Ю. И. Новый подход к построению кода радужной оболочки глаза / Ю. И. Мониц, В. В. Старовойтов // *Искусственный интеллект*. — 2010. — № 3. — С. 356–363.

6. Wang Z., Bovik A.C., Sheikh H. R. Image quality assessment : From error visibility to structural similarity // *IEEE transaction on Image Processing*. — 2004. — Vol. 13, # 4. — pp. 309–12.

7. Kyrychok T. Yu. Image Evaluation Procedure Based on the Average Color Deviation / T. Yu. Kyrychok, P. A. Kyrychok, A. V. Parkhomenko // *Radioelectronics and Communications Systems*. — 2014. — Vol. 57(4). — pp. 175–179.

8. Киричок Т. Ю. Методика оцінювання колірних відмінностей зображень / Т. Ю. Киричок // *Вісник ЖДТУ. Технічні науки*. — 2013. — № 4(67). — С. 50–55.

9. Киричок Т. Ю. Методологія комплексного оцінювання рівня якості продукції / Т. Ю. Киричок // *Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства»*. — К., 2013. — № 1(39). — С. 4–16.

10. Yang Nai-Chung. A fast MPEG-7 dominant color extraction with new similarity measure for image retrieval / Nai-Chung Yang, Wei-Han Chang, Chung-Ming Kuo, Tsia-Hsing Li // *J. Visual Communication and Image Representation*. — 2008. — Vol. 19. — pp. 92–105.

11. Porter Thomas. Compositing Digital Images / Thomas Porter, Tom Duff // *Computer Graphics*. — 1984. — Vol. 18(3). — pp. 253–259.

12. Сигорский В. П. Математический аппарат инженера / В. П. Сигорский. — К. : Техніка, 1975. — 768 с.

13. Пугачев В. С. Введение в теорию вероятностей / В. С. Пугачев. — М. : Наука, 1968. — 368 с.

14. Струтинський С. В. Розробка методів аналізу нестационарних динамічних процесів у вигляді випадкових векторів з використанням нейронних мереж для побудови кластерних моделей процесів / С. В. Струтинський, А. А. Гуржій, М. Г. Сторчак // *Вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут». Сер. Машинобудування*. — Київ, 2011. — № 61. — Т. 1. — С. 224–227.

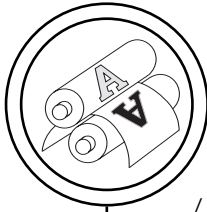
#### References

1. Havenko S. F. Otsinka yakosti polihrafichnoi produktsii : navch. posibnyk / S. F. Havenko, O. V. Melnykov. — Lviv : Afisha, 2000. — 120 s.

2. Monich Ju. I. Ocenki kachestva dlja analiza cifrovyyh izobrazhenij / Ju. I. Monich, V. V. Starovojtov // *Iskusstvennyj intellekt*. — 2008. — № 4. — S. 376–386.

3. Wang X., Tian B., Liang C., Shi D. Blind Image Quality Assessment for Measuring Image Blur // *Pross. Congress on Image and Signal 2008 Congress on Image and Signal Processing*, 2008. — pp. 467–470.

4. Zhuravel' I. M. Kratkij kurs teorii obrabotki izobrazhenij. Konsul'tacionnyj centr MATLAB kompanii Softline [Elektronnyi resurs]. — Rezhym dostupu: <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/index.php>.

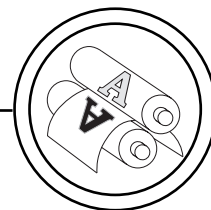


5. Monich Ju. I. Novyj podhod k postroeniju koda raduzhnoj obolochki glaza / Ju. I. Monich, V. V. Starovojtov // *Iskusstvennyj intellekt*. — 2010. — № 3. — S. 356–363.
6. Wang Z., Bovik A.C., Sheikh H. R. Image quality assessment : From error visibility to structural similarity // *IEEE transaction on Image Processing*. — 2004. — Vol. 13, # 4. — pp. 309–12.
7. Kyrychok T. Yu. Image Evaluation Procedure Based on the Average Color Deviation / T. Yu. Kyrychok, P. A. Kyrychok, A. V. Parkhomenko // *Radioelectronics and Communications Systems*. — 2014. — Vol. 57(4). — pp. 175–179.
8. Kyrychok T. Iu. Metodyka otsiniuvannia kolirnykh vidminnostei zobrazhen / T. Iu. Kyrychok // *Visnyk ZhDTU. Tekhnichni nauky*. — 2013. — № 4(67). — S. 50–55.
9. Kyrychok T. Iu. Metodolohiia kompleksnoho otsiniuvannia rivnia yakosti produktsii / T. Iu. Kyrychok // *Zb. nauk. prats «Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva»*. — K., 2013. — № 1(39). — S. 4–16.
10. Yang Nai-Chung. A fast MPEG-7 dominant color extraction with new similarity measure for image retrieval / Nai-Chung Yang, Wei-Han Chang, Chung-Ming Kuo, Tsia-Hsing Li // *J. Visual Communication and Image Representation*. — 2008. — Vol. 19. — pp. 92–105.
11. Porter Thomas. Compositing Digital Images / Thomas Porter, Tom Duff // *Computer Graphics*. — 1984. — Vol. 18(3). — pp. 253–259.
12. Sigorskij V. P. Matematicheskij apparat inzhenera / V. P. Sigorskij. — K. : Tehnika, 1975. — 768 s.
13. Pugachev V. S. Vvedenie v teoriju verojatnostej / V. S. Pugachev. — M. : Nauka, 1968. — 368 s.
14. Strutynskiy S. V. Rozrobka metodiv analizu nestatsionarnykh dynamichnykh protsesiv u vyhladi vypadkovykh vektoriv z vykorystanniam neironnykh merezh dlia pobudovy klasternykh modelei protsesiv / S. V. Strutynskiy, A. A. Hurzhii, M. H. Storchak // *Visnyk NTUU «Kyivskiy politekhnichnyi instytut»*. Ser. Mashynobuduvannia. — Kyiv, 2011. — № 61. — T. 1. — S. 224–227.

**Проведено теоретическое обоснование компьютерно-интегрированных методов контроля качества печатной продукции. Предложена новая методика сравнения печатного оттиска с эталоном. Методика использует диагностические параметры в виде моментов распределения чёрного цвета по площади оттиска. Проведено математическое моделирование степени чувствительности метода к наличию детерминированных и случайных дефектов печатной продукции. Сделаны выводы о достоинствах и недостатках предложенного метода контроля качества печатной продукции.**

**Ключевые слова:** оттиск; эталон; матричная модель; качество оттиска; диагностические параметры; чувствительность; случайные дефекты.

**A theoretical study of computer-integrated quality control of printed materials. A new method for comparing the printed impression with the standard. The technique uses the diagnostic**



**parameters as distribution points for the black print area. Mathematical modeling of the degree of sensitivity of the method to the presence of deterministic and random defects of printed materials. The conclusions about the advantages and disadvantages of the proposed method for quality control of printed materials.**

**Keywords: imprint; pattern; matrix model; print quality; diagnostic parameters; sensitivity; random defects.**

Рецензент — Т. А. Роїк, д.т.н.,  
професор, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 25.03.16