

УДК 655.207

МЕТОД РОЗРАХУНКУ БАЛАНСУ ТРІАДНИХ ФАРБ

© Н. В. Занько, М. В. Шовгенюк, д.ф.-м.н., пров.н.с.,
ІФКС НАН України, в.о. професора, УАД,
Н. С. Писанчин, к.т.н., УАД, Львів, Україна

В статье предложен новый метод расчета баланса триадных печатных красок на стадии предварительной обработки изображений. Представлены результаты расчета баланса триадных красок в идеальных и реальных условиях печатного процесса на различных типах бумаг.

In paper is offered new computational method balance triad printing inks on stage preparative processing images. Presented result calculation balance triad inks in ideal and actual conditions printed process on various types papers.

Вступ

Як відомо, балансом сірого (gray balance) називаються ті пропорції тріадних фарб, які при змішуванні у друці дають нейтрально сірий колір. Для ідеальних тріадних фарб пропорція для досягнення синтезованого сірого мала би бути 1:1:1. Однак спектральні характеристики реальних фарб зумовлюють інше співвідношення.

За стандартом ISO 12647 градації тону у координатах $L^*a^*b^*$, від $L^* = 0$ до $L^* = 100$ при координатах a^* та b^* рівних нулю, відповідає градація, генерована голубою, пурпурною та жовтою фарбами у співвідношенні $C:M:Y = 1:0,8:0,8$.

За стандартом баланс сірого визначається для контрольних полів з відносною площею растрових елементів 25 %, 50 % та 75 %, задрукованих чорною фарбою, і тих же полів, отриманих суміщенням тріади фарб.

Виходячи із співвідношення $C:M:Y$ для відтінків 25, 50 та 75 %

чорного, встановлені наступні числові значення у відсотках (табл. 1) [3—4].

У програмах додрукарської підготовки зображень, а зокрема в Adobe Photoshop, параметр «баланс за сірим» врахований і його можна задати у налаштуваннях кольороподілу, при цьому пропорція тріадних фарб подається схематично згідно стандарту ISO 12647 (рис. 1).

Таблиця 1
Баланс за сірим, регламентований міжнародним стандартом ISO 12647

| | $S_{\text{відн.}} = 25\%$ | $S_{\text{відн.}} = 50\%$ | $S_{\text{відн.}} = 75\%$ |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Голуба | 25 | 50 | 75 |
| Пурпурна | 19 | 40 | 64 |
| Жовта | 19 | 40 | 64 |

Баланс тріадних фарб є важливим параметром, який залежить і від умов друкування, і від

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

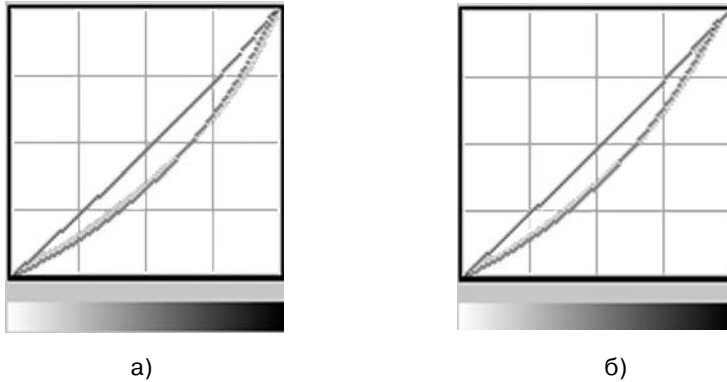
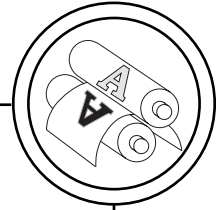


Рис. 1. Баланс сірого у налаштуваннях кольороподілу у програмі Adobe Photoshop CS3: а — для крейдованого паперу; б — для некрейдованого паперу

додрукарської підготовки зображення [1—2].

Забезпечення балансу сірого в реальних умовах друку залежить не тільки від дотримання стандартизованих умов друку, відповідності матеріалів, кваліфікації друкаря, а й від якості друкарських форм.

Саме від того як запроєктується баланс на додрукарській стадії залежить його відтворення в процесі друку.

Постановка проблеми

Незважаючи на всю важливість параметра балансу фарб, він регламентований стандартом ISO 12647 на основі експериментальних даних фірми Fogra. Тобто налаштування кольороподілу в загальному і балансу за сірим зокрема, відбувається з використанням таблиць еталонних даних, отриманих експериментально.

Проте аналітичні залежності для розрахунку балансу сірого реальних тріадних фарб авторам невідомі.

Мета роботи

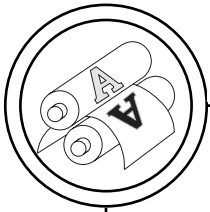
Знайти аналітичні залежності для опису параметра кольороподілу — балансу за сірим при друкуванні тріадними фарбами.

Теорія

У роботах [6—7] авторами встановлено, що рівняння автотипного синтезу Демішеля [5] справедливі для будь-якої растрової структури. На основі цих рівнянь запишемо загальне рівняння автотипного синтезу кольору C_n :

$$C_n = (1 - S_C)(1 - S_M)(1 - S_Y)W + (1 - S_M)(1 - S_Y)S_C C + (1 - S_C)(1 - S_Y)S_M M + (1 - S_C)(1 - S_M)S_Y Y + (1 - S_C)S_M S_Y R + (1 - S_M)S_C S_Y G + (1 - S_Y)S_C S_M B + S_C S_M S_Y K, \quad (1)$$

де S_C , S_M , S_Y — відносні площі растрових елементів голубої (С), пурпурної (М) і жовтої (Y) фарб. Для вибраного RGB-простору кольорові координати тріадних фарб задаються матрицями-векторами:



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

$$C = \begin{bmatrix} C_R \\ C_G \\ C_B \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} M_R \\ M_G \\ M_B \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} Y_R \\ Y_G \\ Y_B \end{bmatrix}. \quad (2)$$

В результаті бінарного накладання тріадних фарб будуть синтезовані червоний (R), зелений (G) і синій (B) кольори, які теж задаються матрицями-векторами:

$$R = \begin{bmatrix} R_R \\ R_G \\ R_B \end{bmatrix}, G = \begin{bmatrix} G_R \\ G_G \\ G_B \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} B_R \\ B_G \\ B_B \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Відповідно, «білий» (W) колір паперу і «чорний» (K) колір, синтезований в результаті потрійного накладання фарб, будуть задаватися матрицями-векторами:

$$W = \begin{bmatrix} W_R \\ W_G \\ W_B \end{bmatrix}, K = \begin{bmatrix} K_R \\ K_G \\ K_B \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Очевидно, що відповідно до рівняння (1) для умов «ідеально-го» автотипного синтезу кольорів C_n відносні площі растрових елементів S_C, S_M, S_Y є строго пропорційні базовим векторам тріадних фарб (5). Звідси випливає, що рівняння (1) доцільно записати у формі еквівалентного матричного рівняння за степенями $(1 - S)$ тріадних фарб:

$$C_n = K + (1 - S_C)C^* + (1 - S_M)M^* + (1 - S_Y)Y^* + (1 - S_M)(1 - S_Y)R^* + (1 - S_C)(1 - S_Y)G^* + (1 - S_C)(1 - S_M)B^* + (1 - S_C)(1 - S_M)(1 - S_Y)W^*, \quad (5)$$

де

$$C^* = R - K, M^* = G - K, Y^* = B - K, \quad (6)$$

$$R^* = K + C - G - B, G^* = K + M - R - B, B^* = K + Y - R - G, \quad (7)$$

$$W^* = W + R + G + B - C - M - Y - K, \quad (8)$$

Будемо вважати, що «реальний» білий колір паперу і «реальний» чорний колір накладання тріадних фарб описуються матрицями-векторами:

$$W_{real} = W_{max} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, K_{real} = K_{min} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Тоді загальну умову формування нейтрально-сірих кольорів можна записати:

$$C_n = [K_{min} + k(W_{max} - K_{min})] \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (10)$$

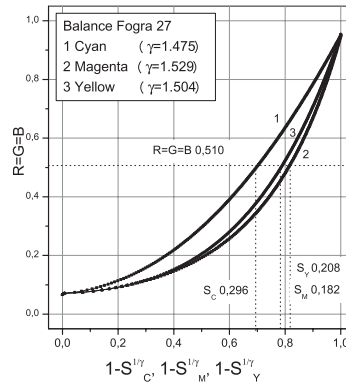
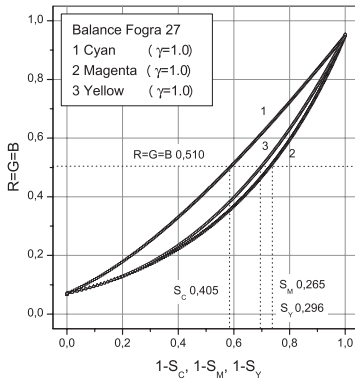
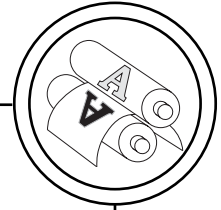
де коефіцієнт k характеризує рівень нейтрально-сірого кольору від «реального» чорного кольору тріадних фарб ($k = 0$) до «реального» білого кольору паперу ($k = 1$). Звідси на основі векторного рівняння (3) отримуємо систему кубічних рівнянь:

$$\begin{cases} C_R^*x + M_R^*y + Y_R^*z + R_R^*yz + G_R^*xz + B_R^*xy + W_R^*xyz = \\ = k(W_{max} - K_{min}) \\ C_G^*x + M_G^*y + Y_G^*z + R_G^*yz + G_G^*xz + B_G^*xy + W_G^*xyz = \\ = k(W_{max} - K_{min}) \\ C_B^*x + M_B^*y + Y_B^*z + R_B^*yz + G_B^*xz + B_B^*xy + W_B^*xyz = \\ = k(W_{max} - K_{min}) \end{cases} \quad (11)$$

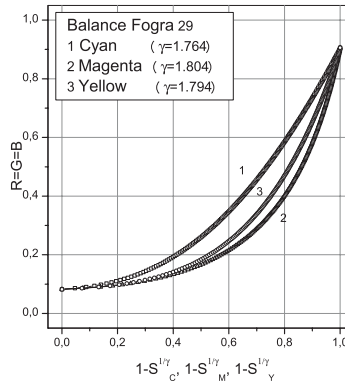
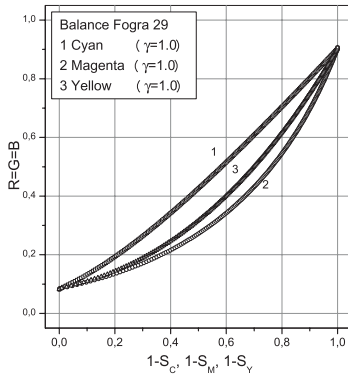
відносно змінних

$$x = 1 - S_C, y = 1 - S_M, z = 1 - S_Y. \quad (12)$$

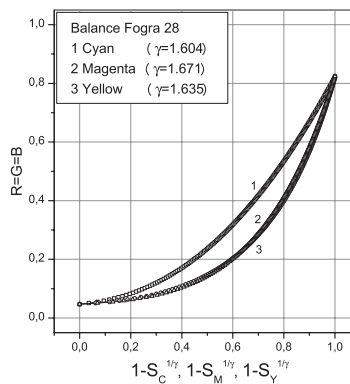
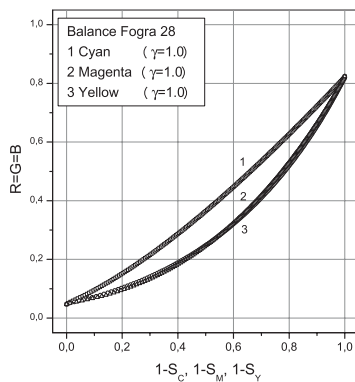
ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



Баланс сірого для крейдованого паперу



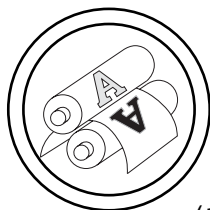
Баланс сірого для некрейдованого паперу



Баланс сірого для рулонного паперу

а) б)

Рис. 2. Баланс тріадних фарб для відбитків на різних типах паперу:
а — ідеальні умови друку; б — реальні умови друку



ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ

Розв'язок системи рівнянь (11) дає числові значення відносних площ S_C , S_M , S_Y растрових елементів, при яких буде формуватися при друці k -ий рівень нейтрально-сірого кольору для заданих тріадних фарб.

Результати чисельних розрахунків

Для аналізу балансу за сірим при друкуванні на різних типах паперу побудуємо залежності

$$\begin{aligned} R &= f(1 - S_C), \\ G &= f(1 - S_M), \\ B &= f(1 - S_Y), \end{aligned} \quad (13)$$

користуючись системою рівнянь (11).

Для досліджень використано експериментальні дані Fogra [6], а саме координати XYZ та Lab для різних комбінацій CMY, оскільки відбитки тест-об'єктів Fogra віддруковано з дотриманням вимог стандарту ISO 12647. Вимірювання координат також проведено в стандартизованих умовах. Експериментальні залежності побудовано для тріадних фарб у просторі Adobe RGB (1998), оскільки він частіше всього використовується як робочий простір монітора при поліграфічній обробці зображень [9].

Для визначення базових векторів реальних тріадних фарб авторами розроблена методика, згідно якої для досліджуваних типів паперу отримані результати, приведені в табл. 2.

З побудованих залежностей (рис. 2) видно, що кількість кольорових фарб для синтезу кожного рівня сірого є різною. Незалежно від типу паперу, кіль-

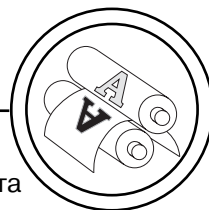
кість голубої фарби зі зміною відносної площі растрових елементів змінюється з незначною нелінійністю. Тоді як пурпурна і жовта фарби приймають участь у формуванні рівня сірого приблизно в однакових кількостях, однак зміна вздовж градації більш нелінійна. За виглядом отримані залежності співпадають із тими, що реалізовані у Adobe Photoshop. Отже в ідеальних умовах друку отримуємо співвідношення фарб, регламентоване стандартом: 1:0,8:0,8 і, таким чином, маємо ще раз підтвердження того, що параметр балансу сірого у програмах Adobe Photoshop визначається на основі експериментальних даних Fogra.

Таблиця 2
Базові вектори тріадних фарб

| | C | M | Y |
|----------|---|---|---|
| Fogra 27 | $\begin{bmatrix} 0,064 \\ 0,512 \\ 0,778 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0,665 \\ 0,123 \\ 0,306 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0,908 \\ 0,865 \\ 0,022 \end{bmatrix}$ |
| Fogra 28 | $\begin{bmatrix} 0,036 \\ 0,491 \\ 0,752 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0,604 \\ 0,091 \\ 0,327 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0,873 \\ 0,770 \\ 0,034 \end{bmatrix}$ |
| Fogra 29 | $\begin{bmatrix} 0,143 \\ 0,527 \\ 0,758 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0,928 \\ 0,820 \\ 0,046 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0,683 \\ 0,205 \\ 0,404 \end{bmatrix}$ |
| Fogra 30 | $\begin{bmatrix} 0,249 \\ 0,497 \\ 0,718 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0,633 \\ 0,259 \\ 0,317 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0,709 \\ 0,770 \\ 0,048 \end{bmatrix}$ |

В реальних умовах друкування зображень кольоровідтворення характеризується нелінійністю кожної з тріадних фарб. Тоді і на формування балансу по сірому параметр нелінійності буде суттєво впливати. Як видно з рис. 2, відтворення нейтрально сірих градацій в реаль-

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ



них умовах більш нелінійне, ніж в ідеальних.

Так, для ідеальних умов друку на крейдованому папері при відтворенні 50 % сірого необхідно 40,5 % голубої, 29,6 % жовтої та 26,5 % пурпурної фарб. Для реальних умов друку внаслідок розтискування растрових елементів кількості С, М, У на формах складають значно менші значення: 29,6 %, 18,2 %, 20,8 % відповідно. Тоді як у світах відтворення сірого близьке до ідеального за всіма фарбами, то у півтінях вже спостерігаються відхилення, а особливо проблемним є відтворення сірого у тінях. Тенденція зберігається для всіх досліджуваних типів паперу. Однак, як видно з рис. 2, для некрейдованого паперу значення нелінійності фарб значно більші порівняно з відбитками на крейдованому папері. Очевидно, що це пов'язано із всмок-

тувальною здатністю паперу та розтискуванням.

Висновки

Аналітично отримано систему рівнянь, розв'язок якої дає числові значення S_C , S_M , S_Y відносних площ растрових елементів, при яких формується довільний рівень нейтрально-сірого кольору для заданих триадних фарб та типу паперу.

Запропонована система рівнянь дозволяє аналітично описати вплив спектральних характеристик реальних триадних фарб на формування нейтрально-сірих тонів на відбитку. Це в свою чергу відкриває можливості моделювання технологічних умов виготовлення репродукції на стадії додрукарської підготовки друкарських форм і, відповідно, отримання кольорового відбитка високої якості.

1. С. Бачурин. Ещё раз про баланс // Publish. — 2005. — № 4. http://www.publish.ru/publish/2005/04/4053132/_p2.html. 2. А. Пыльский, М. Сартаков. Баланс по серому в триадной офсетной печати // Publish. — 2005. — № 3. <http://www.publish.ru/publish/2005/03/4052863/>. 3. Дудяк В. О., Занько Н. В., Писанчин Н. С. Синтез кольору та вивчення його характеристик. — Львів: УАД, 2006. — 80 с. 4. ISO 2846-1. Graphic technology — Colour and transparency of printing ink sets. — Part 1: Offset printing. ISO Geneva, 1997. 5. Demichel M. E. // Procédé. — 1924. — Vol. 26. — P. 17—21. 6. FOGRA characterisation data for offset, continuous form and screen printing // www.color.org/FOGRA.html. 7. Н. С. Писанчин, Н. В. Занько, М. В. Шовгенюк. Моделювання синтезу кольорів в растровому процесі // Наукові записки, наук.-техн. збірн. — 2007. — № 1. — С. 23—40. 8. Занько Н. В., Писанчин Н. С., Шовгенюк М. В. Метод розрахунку кольорових координат XYZ при друкуванні растрового зображення з модульованою частотою // Комп'ютерні технології друкарства. — 2006. — № 16. — С. 278—288. 9. Pascale D. A Review of RGB Color Spaces // Montreal. — 2003. — 35 p.

Рецензент — В. П. Шерстюк, д.х.н., професор,
заслужений винахідник України, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 18.04.08