УДК 655.027; 655.392

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ СТУПЕНЯ ЗАМІНИ СІРОЇ КОМПОНЕНТИ НА КОЛІРНІ ВІДМІННОСТІ

В. В. Семенів, Н. С. Писанчин, Н. В. Занько, Б. М. Ковальський

Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

Підготовлено до друку градаційну шкалу нейтрально-сірих кольорів із застосуванням ICC-профілів. Обрано ICC-профілі для офсетного способу друку та цифрового способу друку. Побудовано криві відтворення градаційної шкали фарбами CMYK нейтрально-сірих кольорів. Проаналізовано результати кольороподілу спеціалізованого ICC-профілю від компанії ColorLogic. Доведено, що цей профіль застосовує максимальний рівень заміни сірої компоненти кольору чорною фарбою. Для цифрових пристроїв друку, згідно з результатами кольороподілу, сумарна площа накладання фарб перевищує 320 %, що недоцільно. У комп'ютерній програмі CIE Lab Calc здійснено порівняння оригінального зображення з екранною кольоропробою за формулою колірних відмінностей ΔE(2000). Отримані результати підтверджують, що застосування ICC-профілю для оптимізації фарб ColorLogic забезпечить високу якість кольоровідтворення. Якість відтворення кольорів на цифровій машині HP Indigo Press 5500 близька до офсетного способу друку. Середнє значення колірних відмінностей відбитків, отриманих на принтері Xerox Phaser 6510, не перевищують 6 одиниць ΔE, що є в межах допустимого. Власні налаштування кольороподілу з різними режимами GCR не забезпечать належної якості.

Ключові слова: *кольороподіл, GCR (Gray Component Replacement), характеристичні дані, ICC-профіль, колірні відмінності, TAC (Total Area Coverage).*

Постановка проблеми та актуальність дослідження. Через введення чорної фарби у процес відтворення кольорів поліграфічним способом друку виникла необхідність застосування різних технологій кольороподілу. Перехід від трьох змінних в моделі RGB (червоний, зелений, синій) до чотирьох невідомих CMYK (голуба, пурпурна, жовта, чорна фарби) не є однозначним. Найбільше застосовується технологія GCR (Gray Component Replacement — заміна сірої компоненти). Технологія GCR базується на тому, що сіра компонента є практично в усіх відтінках кольорового зображення за винятком чистих кольорів, а не тільки в темних нейтральних тонах. У GCR відтінки створюються лише трьома фарбами, причому одна з них — завжди чорна. При максимальному варіанті технології GCR граничний рівень фарб не перевищує 300 % [1].

У публікації [2] автори проаналізували генерування чорної фарби у програмі Adobe Photoshop за допомогою градаційні криві чорної фарби для всіх стандартних режимів кольороподілу (Light, Medium, Heavy). У світлому (Light) режимі чорна

фарба використовується лише з половини (42,5 %) градаційної шкали нейтрально-сірих кольорів. У режимі «Heavy» чорна фарба формує сіру компоненту кольору, починаючи зі світлих (9,5 %) нейтрально-сірих кольорів. Для середнього (Medium) режиму чорна фарба формує нейтрально-сірі кольори з 23,5 % поля градаційної шкали нейтрально-сірих кольорів [2]. Для максимального режиму (Maximum) чорна фарба застосовується від 0 % до 100 % градаційної шкали нейтрально-сірих кольорів, чим забезпечує значну економію кольорових фарб.

Застосування того чи іншого ступеня заміни сірої компоненти під час підготовки до друку зображень забезпечує різні результати не лише в кількісному еквіваленті друкарських фарб, а й в якісному відтворенні кольорів. Тому традиційно під час підготовки до друку на крейдованому папері офсетним плоским способом друку застосовують середній режим кольороподілу (Medium). Для друку на некрейдованому папері кольороподіл здійснюється з максимальною або вище середнього ступеня заміною сірої компоненти. Це пояснюють тим, що некрейдований папір пористий, характеризується більшим відсотком розтискування растрових елементів і меншими вимогами до якості відтворення кольорів. Лінійність процесу кольоровідтворення в цифровому друці дає змогу застосувати максимальну заміну сірої без втрат якості, про це свідчить наявність на ринку програмних модулів оптимізації витрат фарб [3, 4].

Мета статті — визначити вплив ступеня заміни сірої компоненти на колірні відмінності в різних режимах кольороподілу. Відповідно до мети сформульовані такі завдання: створити градаційну сіру шкалу та підготувати її до друку із застосуванням ICC-профілів; побудувати криві відтворення градаційної шкали нейтрально-сірих кольорів фарбами CMYK; застосувати до тестового зображення ICC-профілі та розрахувати точність відтворення кольорів залежно від стандартизованих умов друку та режиму кольороподілу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як відомо, коректне перетворення кольорів з моделі RGB в CMYK здійснюється за допомогою ICC-профілів. Профіль пристрою — це файл, що містить детальний опис властивостей кольоровідтворення цього пристрою відповідно до специфікації ICC.1:2010-12. Побудова профілю виконується у спеціалізованому програмному забезпеченні з використанням таблиць характеристичних даних. Над незалежною обробкою колірних даних в системах цифрової публікації працюють експерти Європейської ініціативи з кольору (ECI). На офіційному сайті [8] у розділі «Стандарти кольорів» є інформація про ICC-профілі і характеристичні дані для різних умов друку.

ICC-профілі, побудовані на основі характеристичних даних Fogra51 (1 умова друкування, крейдований папір преміум) та Fogra52 (5 умова друкування, некрейдований папір), є доступні на сайті Європейської ініціативи з кольору. У специфікаціях профілів вказано, що застосовується середній ступінь заміни сірої компоненти — «Medium GCR». Альтернативний профіль від компанії Color Logic, який також побудований на характеристичних даних Fogra51 та призначений для оптимізації нейтрально-сірих ділянок зображення. Алгоритм кольороподілу профілю відзначається застосуванням максимальної заміни сірої компоненти —

«Maximum GCR». Як переконують розробники, такий підхід забезпечує стабільний процес друкування і відтворення світлих та нейтральних тонів, наприклад кольору шкіри. Кольороподіл за цим профілем дає змогу уникнути сіруватості відтінків шкіри, а також забезпечує стабільний друк градацій від білого до сірого [5]. З метою детального аналізу кривої формування сірої компоненти кольору обрано вищезгадані ICC-профілі.

Для порівняння механізму формування градацій сірого в цифрових пристроях друку розглянуто ICC-профілі для цифрової аркушевої офсетної машини HP Indigo Press 5500 та багатофункційного пристрою Xerox Phaser 6510.

У програмі опрацювання растрової графіки створено градаційну шкалу нейтрально-сірих кольорів, яка містить 21 поле із значеннями ахроматичної координати L від 0 до 100 з кроком 5. Ахроматичній координаті відповідає певний відсоток сірої компоненти.

Рис. 1. Градаційна шкала нейтрально-сірих кольорів

За допомогою інструмента «піпетка» та палітри «інформація» визначено числові значення відносної площі растрових елементів голубої (C, %), пурпурної (M, %), жовтої (Y, %) та чорної (K, %) фарб для кожного поля градаційної шкали.

Визначення рівня заміни сірої компоненти для досліджуваних ICC-профілів. На основі отриманих значень кількості фарб CMYK для кожного поля градаційної шкали побудовано графіки залежності кількості фарб від значення сірої компоненти кольору, де 0 — білий колір, 100 % — чорний колір.

Режим кольороподілу в ICC-профілях для крейдованого та некрейдованого паперу на базі даних Fogra51 та Fogra52 середній (Medium). Чорна фарба для формування сірої компоненти кольору введена з 20 % поля градаційної шкали нейтрально-сірих кольорів (рис. 2а, рис. 2б). Для некрейдованого паперу дещо збільшені значення голубої фарби при відтворенні градаційної шкали, починаючи з 80 % поля, а жовтої фарби зменшено. Максимальне значення сумарної кількості накладання фарб (TAC — Total Area Coverage) становить 296 % за ICC-профілем для крейдованого паперу. Для некрейдованого паперу максимальне значення TAC становить 292 %. Отримані значення підтверджують, що ці ICC-профілі забезпечують умови обмеження накладання фарб — Total Ink Limit 300 %.

У спеціалізованому ICC-профілі, призначеному для економії кольорових фарб, ColorLogic (рис. 3) режим кольороподілу максимальний (Maximum GCR), як і стверджують розробники. Проте не дотримано повної заміни кольорових фарб чорною. Формування сірої компоненти кольору здійснюється кольоровими фарбами з 15 % по 50 % поля, вміст яких не перевищує 10 %. Стрімке зростання вмісту кольорових фарб починається з 70 % поля сірої градаційної шкали. Максимальне значення сумарної кількості накладання фарб становить 285 %.

Отже, розглянуті профілі, що рекомендовані ECI, мають середній рівень заміни сірої компоненти. За вмістом кольорових фарб у світлих і середніх ділянках

градаційної шкали нейтрально-сірих кольорів вони подібні. Суттєво відрізняється формування темних кольорів фарбами CMYK. Це пояснюємо різними характеристиками досліджуваних типів паперу.

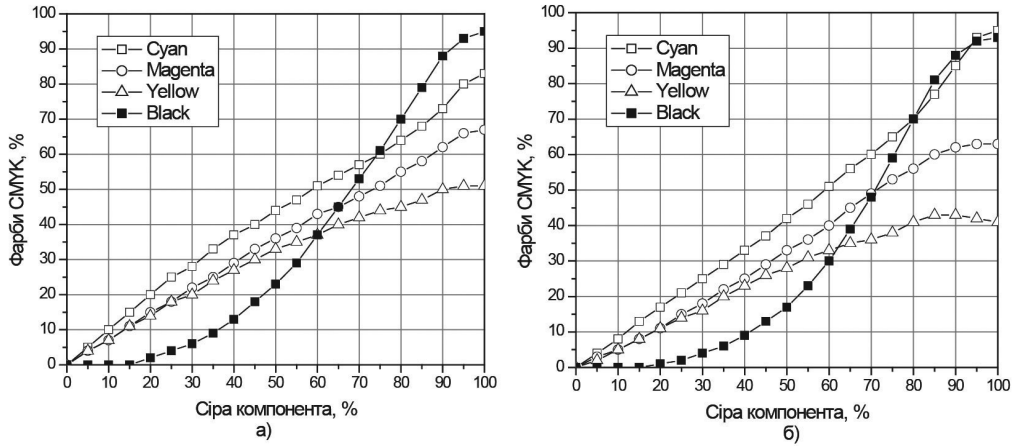

Рис. 2. Крива відтворення градаційної шкали нейтрально-сірих кольорів у профілі PSO: а) — Coated v3; б) — PSO Uncoated

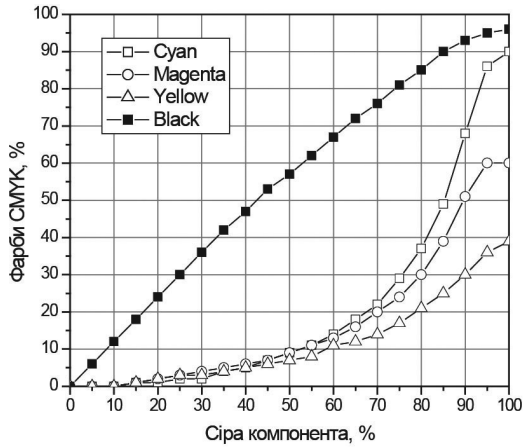

Рис. 3. Крива відтворення градаційної шкали нейтрально-сірих кольорів у профілі ColorLogic

Щодо спеціалізованого профілю від компанії ColorLogic, то експериментально ми довели, що застосовується режим кольороподілу максимальний «Maximum GCR». Співвідношення кольорових фарб в темних ділянках градаційної шкали вказує на те, що на практиці повної заміни сірої компоненти не застосовують.

Також проаналізовано результати кольороподілу градаційної шкали нейтрально-сірих кольорів із застосуванням ICC-профілів, які описують відтворення кольорів у цифровій аркушевій офсетній машині HP Indigo Press 5500 на глянцевому папері та у багатофункційному пристрої Xerox Phaser 6510 на стандартному папері. Для цифрової машини передбачено режим кольороподілу — світлий (Light) (рис. 4).

Чорна фарба бере участь у формуванні сірої компоненти кольору, починаючи з 45 % поля градаційної шкали. Отримано такі співвідношення фарб CMYK для чорного кольору: 90 %, 81 %, 55 %, 95 % (сумарна площа накладання — 321 %).

ICC-профіль для принтера Xerox Phaser 6510 застосовує режим кольороподілу світлий (Light). Чорна фарба формує сіру компоненту кольору, починаючи з 35 % поля градаційної шкали. Для відтворення чорного кольору у принтері розраховано такі співвідношення фарб CMYK: 100 %, 79 %, 67 %, 96 % (TAC = 342 %). Такі результати підтверджують, що для цифрових пристроїв друку немає строгого обмеження щодо сумарної площі накладання фарб. Проте таке надмірне використання фарб є недоцільним.

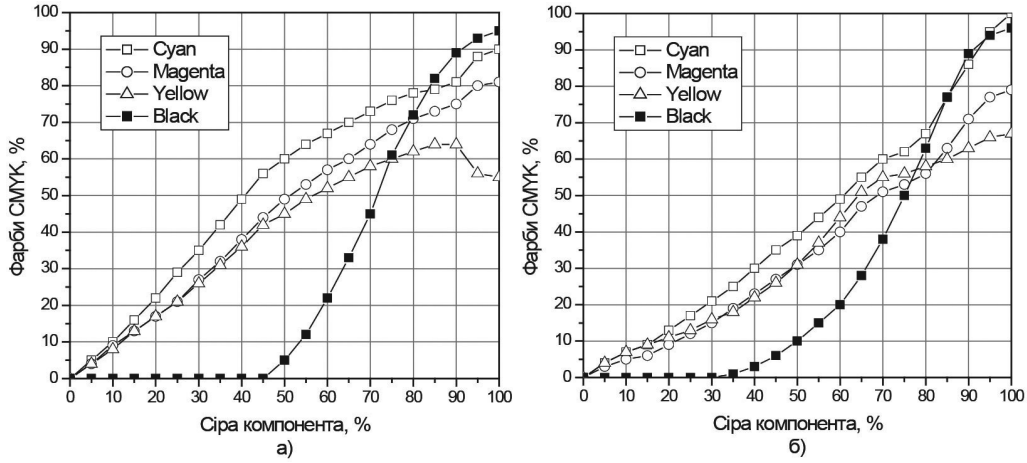

Рис. 4. Крива відтворення градаційної шкали нейтрально-сірих кольорів у профілі: а) — HP Indigo Press 5500 Gloss; б) — Xerox Phaser 6510

Як відомо, однакові значення відносних площ растрових елементів кольорових фарб не забезпечують нейтрально-сірий колір [6]. Тому на графіках криві, що відповідають значенням кольорових фарб, не однакові. Відносні площі растрових елементів друкарських фарб для відтворення полів градаційної шкали нейтрально-сірих кольорів подані у табл. 1.

Таблиця 1

Співвідношення фарб CMYK

ICC-профіль	Поле сірої градаційної шкали, %			
	25	50	75	100
PSO Coated v3	21:15:14:2	42:33:28:17	65:53:38:59	83:67:51:95
PSO Uncoated	21:15:14:2	42:33:28:17	65:53:38:59	95:63:41:93
ColorLogic	2:3:3:30	9:9:7:57	29:24:17:81	90:60:39:96
HP Indigo Press 5500	29:21:21:0	60:49:45:5	76:68:60:61	90:81:55:95
Xerox Phaser 6510	17:12:13:0	39:31:31:10	62:53:56:50	100:79:67:96

Вплив рівня заміни сірої компоненти на точність відтворення кольорів під час друкування. Для дослідження цього питання взято тестове зображення, яке призначене для контролю якості градаційного передавання та балансу сірого. Зображення подане в моделі RGB.

Розглянуто застосування спеціалізованого профілю для оптимізації витрат фарб ColorLogic та ICC-профіль, який побудований згідно з характеристичними даними Fogra51, а також налаштування різних режимів кольороподілу у програмі опрацювання растрової графіки.

Результати кольороподілу наведені на рис. 5а, рис. 5б у вигляді накладання каналів кольорових фарб CMY. Як бачимо, чорна фарба у профілі ColorLogic є базовою при утворенні нейтрально-сірих кольорів зображення.

а) б)

Рис. 5. Результат накладання кольорових фарб CMY із застосуванням профілю:
а) — ColorLogic; б) — PSO Coated v3

На рис. 6а, рис. 6б, рис. 6в візуально спостерігаємо поступову заміну сірої компоненти кольорів зображення, яку утворюють накладанням кольорові фарби, каналом чорної фарби.

а) б) в)

Рис. 6. Канал чорної фарби при різних режимах кольороподілу:
а) — «Світлий», б) — «Середній»; в) — «Максимальний»

За допомогою ICC-профілів на екрані монітора відображаються кольори, близькі до тих, які будуть відтворені на поліграфічному відбитку. Отже, ми можемо здійснити екранну кольоропробу. Для визначення числових значень колірних відмінностей

застосовано комп'ютерну програму для експериментальних досліджень CIE Lab Calc. У програмі можна відкрити два зображення та порівняти колірні координати між двома пікселями за формулою колірних відмінностей ΔE(2000) [7].

Середнє значення колірних відмінностей 0,36 одиниць забезпечить профіль ColorLogic, а профіль PSO Coated — 0,27 од. Максимальне значення колірних відмінностей для цих ICC-профілів становить 4,43. Отримані результати підтверджують, що застосування ICC-профілю для оптимізації фарб ColorLogic, в якому закладений режим кольороподілу максимальний, забезпечить високу якість кольоровідтворення. Щодо досліджуваних цифрових пристроїв друку, то якість відтворення кольорів на цифровій машині HP Indigo Press 5500 близька до офсетного способу друку в стандартизованих умовах. Середнє значення колірних відмінностей відбитків, отриманих на принтері Xerox Phaser 6510, в межах допустимого, оскільки не перевищує 6 одиниць ΔE. Проте максимальне значення ΔE = 7,47 вказує на помітну різницю між кольорами оригіналу та відбитка.

Власні налаштування кольороподілу з різними режимами GCR, які базуються на теоретичних перерахунках кольорів, не забезпечать належної якості.

Таблиця 2

Результати екранної кольоропроби тестового зображення

ICC-профіль	Режим GCR	Колірні відмінності ΔE	
		середнє значення ΔE од.	максимальне значення ΔE од.
PSO Coated v3	«Medium»	0,27	4,43
PSO Uncoated	«Medium»	0,41	12,59
ColorLogic	«Maximum»	0,36	4,43
HP Indigo Press 5500	«Light»	0,27	4,67
Xerox Phaser 6510	«Light»	0,37	7,47
Custom CMYK	«None»	1,71	17,96
Custom CMYK	«Light»	0,44	16,2
Custom CMYK	«Medium»	0,46	17,39
Custom CMYK	«Heavy»	0,53	18,20
Custom CMYK	«Maximum»	0,61	19,18

Висновки. Отже, під час підготовки до друку зображень застосування власних налаштувань кольороподілу є недоцільним. Такі налаштування не забезпечать належної якості кольоровідтворення, бо максимально не враховують параметри друку. ICC-профілі з режимом кольороподілу «Maximum GCR» забезпечують колориметрично точне відтворення кольорів за умови застосування середнього режиму (Medium) в темних ділянках зображення. ICC-профілі для досліджуваних цифрових пристроїв друку HP Indigo Press 5500 та Xerox Phaser 6510 надмірно і недоцільно використовують кольорові фарби в темних ділянках зображення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Color and Quality. Expert Guide. Heidelberger Druckmaschinen AG. URL: https://www.heidelberg.com/ca/en/products/workflow/prinect_topics/archive_1/color_workflow/downloads_12/download_links.jsp.
2. Шовгенюк М. В., Занько Н. В., Крик М. Р. Оптимальне співвідношення тріадних фарб для відтворення нейтрально-сірих кольорів на друкарському відбитку. Поліграфія і видавнича справа. 2010. № 2. С. 136–147.
3. Как оптимизировать расход краски. URL: http://www.publish.ru/articles/200809_5462555.
4. Программное решение для оптимизации расхода чернил. URL: http://www.signbusiness.ru/news/materials/programmnoe-reshenie-dlya-optimizatsii-rashoda-chernil.php.
5. Printer Profile explained: PSOcoatedv3_GCR_ColorLogic.ICC. URL: http://www.colorlogic.de.
6. Крик М. Р., Занько Н. В., Шовгенюк М. В. Аналітичний метод розрахунку балансу тріадних фарб. Наукові записки [Української академії друкарства]. 2011. № 4. С. 284–294.
7. Семенів М. Р., Семенів В. В., Ковальський Б. М. Якісні та кількісні показники кольороподілу з максимальною заміною сірої компоненти. Кваліологія книги. 2017. № 2. С. 12–21.
8. Colour standards. URL: http://www.eci.org.

REFERENCES

1. Color and Quality. Expert Guide. Heidelberger Druckmaschinen AG. Retrieved from https://www.heidelberg.com/ca/en/products/workflow/prinect_topics/archive_1/color_workflow/downloads_12/download_links.jsp (in English).
2. Shovheniuk, M. V., Zanko, N. V., & Kryk, M. R. (2010). Optymalne spivvidnoshennia triadnykh farb dlia vidtvorennia neitralno-sirykh koloriv na drukarskomu vidbytku: Polihrafiia i vydavnycha sprava, 2, 136–147 (in Ukrainian).
3. Kak optimizirovat raskhod kraski. Retrieved from: http://www.publish.ru/articles/200809_5462555. (in Russian).
4. Programmnoe reshenie dlia optimizatcii raskhoda chernil. Retrieved from http://www.signbusiness.ru/news/materials/programmnoe-reshenie-dlya-optimizatsii-rashoda-chernil.php (in Russian).
5. Printer Profile explained: PSOcoatedv3_GCR_ColorLogic.ICC. Retrieved from http://www.colorlogic.de (in English).
6. Kryk, M. R., Zanko, N. V., & Shovheniuk, M. V. (2011). Analitychnyi metod rozrakhunku balansu triadnykh farb: Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva], 4, 284–294 (in Ukrainian).
7. Semeniv, M. R., Semeniv, V. V., & Kovalskyi, B. M. (2017). Yakisni ta kilkisni pokaznyky koloropodilu z maksymalnoiu zaminoiu siroi komponenty: Kvalilohiia knyhy, 2, 12–21 (in Ukrainian).
8. Colour standards. Retrieved from http://www.eci.org (in English).

doi: 10.32403/2411-3611-2019-2-36-20-28

DETERMINATION OF THE EFFECT OF THE DEGREE OF GRAY COMPONENT REPLACEMENT ON COLOR DIFFERENCES

V. V. Semeniv, N. S. Pysanchyn, N. V. Zanko, B. M. Kovalskyi

Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv 79020, Ukraine
krykm@ukr.net

A gray scale with ICC-profiles has been prepared for printing. There have been selected ICC-profiles for offset printing on coated and uncoated paper and digital printing: HP Indigo 5500 Digital Printing Machine, Xerox Phaser 6510 All-in-One. Grayscale reproduction curves for CMYK colors have been constructed. It has been determined that the gray component replacement in ICC-profiles for coated and uncoated paper begins with a 20% gray-toned patch. The digital printing devices under study are characterized by the gray component replacement starting at 35% of the tonal gray scale. The results of the color separation of a specialized profile from ColorLogic have been analyzed. It has been proven that this ICC-profile applies the maximum level of gray component replacement of the color to black ink. However, there are a certain percentages of colored inks in the dark areas of the gray scale, indicating that in practice, a complete gray component replacement with black ink is not appropriate. The obtained maximum values of the total area coverage provide a condition of total ink limit 300% for offset printing. For digital printing devices, the total area coverage exceeds 320%. Such excessive use of inks is inappropriate. The color channel images have been compared with the GCR Medium and Maximum modes. Black ink in the ICC-profile with GCR Maximum is the base color to produce a neutral gray colors or neutral gray component. The CIE Lab Calc application compared the original image with the soft proof using the ΔE (2000) color difference formula. The obtained results confirm that the use of the ColorLogic ICC-profile for saving inks ensure high quality color reproduction. According to the studied digital printing devices, the quality of color reproduction on a digital machine HP Indigo Press 5500 is close to the offset printing in standardized conditions. The average color difference received on the Xerox Phaser 6510 printer is within the acceptable range. However, the maximum value indicates a noticeable difference between the colors of the original and the imprint. Custom color separation settings with various GCR modes will not provide adequate quality.

Keywords: *color separation, GCR (Gray Component Replacement), characterization data, ICC-profile, color differences, TAC (Total Area Coverage).*

Стаття надійшла до редакції 17.07.2019.
Received 17.07.2019.