

ПРОЦЕСИ: аналіз, моделювання, оптимізація

УДК 655.26+004.925.5

© Б. Ковальський³, Н. Занько¹, М. Шовгенюк⁴ 2014

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КОЛІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДРУКАРСЬКИХ ФАРБ

Описано методику розрахунку координат кольору за спектральними кривими відбивання кольорових зразків. Перевірено точність отриманих результатів шляхом проведення порівняльного аналізу з експериментальними даними та значеннями, рекомендованими стандартом ISO 12647-2. Визначено координати базових векторів фарб у RGB-просторі.

The described method of calculating the coordinates of color spectral reflectance curves of colored samples. Verified the accuracy of the results obtained by comparative analysis of experimental data and the values recommended standard ISO 12647-2. Determinations of basic vectors of inks in RGB-space.

1. ВСТУП

Забезпечення якості продукції поліграфічної промисловості, в контексті напряму офсетного виробництва, стосується точності кольоровідтворення на відбитку. Одним із шляхів вирішення задачі одержання якісних повноколірних друкованих зображень є стандартизація основних параметрів процесу відтворення кольору засобами поліграфії. Основним для офсетного друку є міжнародний стандарт ISO 12647-2 [1], що відображає величезний статистичний матеріал, накопичений в результаті вимірювань в реальних умовах багатьох офсетних друкарень.

Базовими параметрами багатофарбового друку, що мають безпосередній вплив на якість відбитку є характеристики фарб і паперу. Спектральні характеристики тріади фарб, що використовуються для друку тиражу строго стандартизовані і не можуть значно варіюватися, так як при цьому будуть відчутні спотворення колірної гами друкованого видання. Регламентовано можливі межі відхилень від нормативних значень у вигляді допусків ΔE для офсетних відбитків. Властивості фарб, що входять до

³ Українська академія друкарства.

⁴ Інститут фізики конденсованих систем НАН України.

специфікації офсетної тріади, описано в ISO 2846-1.

Домогтися максимально наближених значень координат в системі CIELAB основних кольорів друкарських фарб, до рекомендованих стандартом, можна лише за умови використання еталонного паперу. Саме папір здійснює ключовий вплив на якість друку. Його поверхня і відтінок визначають можливе колірне охоплення на відбитку. Під еталонним розуміємо папір, що розподілений на п'ять типів згідно стандарту ISO 12647-2:2004 і для якого вказано рекомендовані колориметричні координати.

Європейські виробники, лідери з випуску паперу для офсету, забезпечують його відповідність стандарту [1] за ознаками, що позначені, як нормативні (в т.ч. колір, глянець, тип поверхні і маса) для п'яти типів паперу. Тип паперу повинен бути заявлений виробником. Нижче приведено колірні координати паперів типу 1 і 2 різних виробників у порівнянні з еталонними [2].

Таблиця 1

Папір **тип 1** відповідно до ISO 12647-2: 2004

| Марка паперу | Виробник | Цільові значення за ISO [1] | | | Виміряні значення [2] | | | $\Delta E \leq 3$ |
|------------------|------------|-----------------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------------------|
| | | L^* | a^* | b^* | L^* | a^* | b^* | |
| Hello gloss | SAPPI | 95 | 0 | -2 | 95,1 | 1,3 | -3,9 | 2,3 |
| Profigloss | SAPPI | 95 | 0 | -2 | 94,7 | 1,2 | -5,4 | 3,6 |
| Pheno Grand | Scheufelen | 95 | 0 | -2 | 96,5 | 1,6 | -2,4 | 2,2 |
| BVS glanzend | Scheufelen | 95 | 0 | -2 | 95,4 | 1,3 | -2,8 | 1,5 |
| LuxoMagic | Stora Enso | 95 | 0 | -2 | 95,5 | 1,5 | -4,0 | 2,5 |
| NopaCoat Stratos | UPM | 95 | 0 | -2 | 95,9 | 1,1 | -4,3 | 2,7 |
| Maxigloss | UPM | 95 | 0 | -2 | 94,8 | 1,5 | -4,6 | 3,0 |

Таблиця 2

Папір **тип 2** відповідно до ISO 12647-2: 2004

| Марка паперу | Виробник | Цільові значення за ISO [1] | | | Виміряні значення [2] | | | $\Delta E \leq 3$ |
|---------------|------------|-----------------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------------------|
| | | L^* | a^* | b^* | L^* | a^* | b^* | |
| Euro Art Matt | M-Real | 94 | 0 | -2 | 95,7 | 1,1 | -4,8 | 3,5 |
| Hello matt | SAPPI | 94 | 0 | -2 | 95,6 | 0,9 | -3,7 | 2,5 |
| ProfiSilk | SAPPI | 94 | 0 | -2 | 95,6 | 1,6 | -5,3 | 4,0 |
| Pheno matt | Scheufelen | 94 | 0 | -2 | 95,9 | 1,5 | -2,3 | 2,4 |
| BVS matt | Scheufelen | 94 | 0 | -2 | 95,6 | 1,1 | -2,8 | 2,1 |
| LuxoSatin | Stora Enso | 94 | 0 | -2 | 95,3 | 1,4 | -3,9 | 2,7 |
| Maxisatin | UPM | 94 | 0 | -2 | 95,0 | 1,3 | -4,3 | 2,9 |
| NopaCoat | UPM | 94 | 0 | -2 | 96,5 | 1,5 | -5,1 | 4,3 |
| Mega matt | Zanders | 94 | 0 | -2 | 94,8 | 0,7 | -3,5 | 1,9 |
| Galaxy | Zanders | 94 | 0 | -2 | 95,5 | 1,3 | -5,0 | 3,6 |

Значення отримано за єдиною методикою вимірювань, яку зазначено в галузевому стандарті ISO 12647-1:2004, що дозволяє співставляти результати.

Як видно з таблиць 1, 2 колірні координати L^*, a^*, b^* паперів різних виробників не є ідентичні зі значеннями прописаними в стандарті. Проте значення ΔE загалом лежать в межах допустимого.

Такі ж дослідження було проведено і для паперів решти трьох типів 3,4 і 5 [2]. Висновки по них такі ж, як і для паперів типу 1 і 2: нормативні значення і допуски відповідають ISO 12647-2:2004.

Варто зазначити, що в грудні 2013 року побачила світ нова, третя редакція ISO 12647-2: 2013. І першою ж відмінністю нового стандарту є розширена кількість типів паперу з п'яти до восьми. До кожного типу паперу прив'язана своя колористика фарб.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для одержання точних поліграфічних репродукцій проводять об'єктивний контроль кольоровідтворення колориметричними методами. Кількісну оцінку характеристик кольору, як правило, здійснюють за визначеними координатами кольору зразка в міжнародній системі CIELAB. Моделі спектрофотометрів, що створені для поліграфічних потреб розраховують координати за спектральними кривими відповідного поля шкали.

Задачею даного дослідження було описання методики розрахунку координат кольору за спектральними кривими відбитків полів шкали і перевірка її за рахунок порівняння розрахованих L^*, a^*, b^* -координат з експериментальними значеннями колірних координат одотонних кольорів тріадних фарб.

Важливо було визначити показник нелінійності даного друкарського процесу γ , за раніше розробленим методом [3], що базується на обробці колориметричних даних відбитків та порівняти отримані значення γ зі стандартними значеннями для відповідного типу паперу.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

У програмі Corel Draw X6 згенеровано шкалу для чистих друкарських фарб та їх попарних накладань, що містить поля з відносною площею растрових елементів від 0 до 100%, з кроком 10.

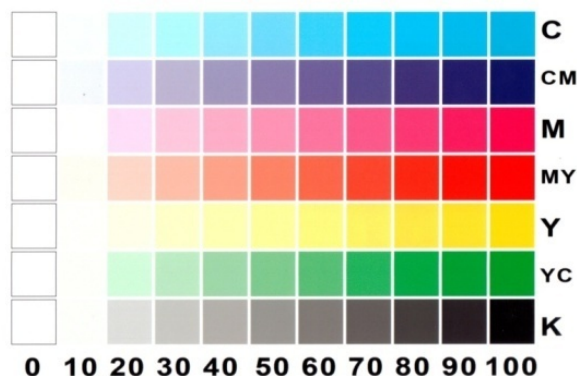


Рис.1. Вигляд шкали основних кольорів та їх бінарних накладань

Умови цифрового друку тестової шкали:

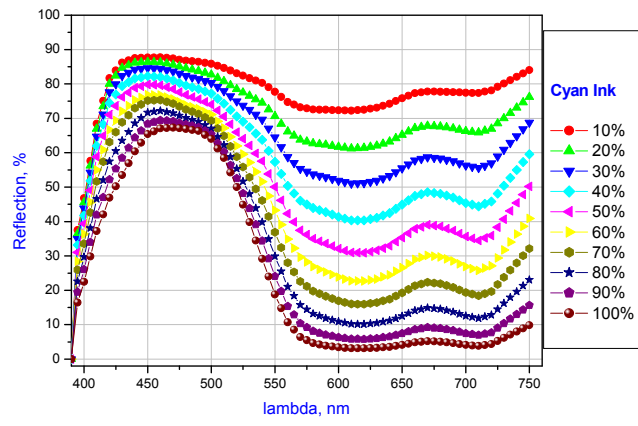
- вивідний пристрій – струменевий принтер EPSON Stylus® Pro 4800 (RIP BestColour);
- пігментні чорнила – Epson UltraChrome Photo Substrate;
- папір – напівматовий папір для кольоропроб EPSON Standard Proofing Paper 240 semi-matte

Якість друку забезпечується технологією друку Epson MicroPiezo® AMC™. Пігментні чорнила Epson UltraChrome K3 з технологією Vivid Magenta працюють в ідеальному співвідношенні з друкарською голівкою Epson Micro Piezo і всіма інноваційними друкарськими технологіями компанії – Epson Variable-sized Droplet Technology. Папір схвалений європейською сертифікаційною організацією FOGRA і відповідає стандарту: ISO 12647-2:2004.

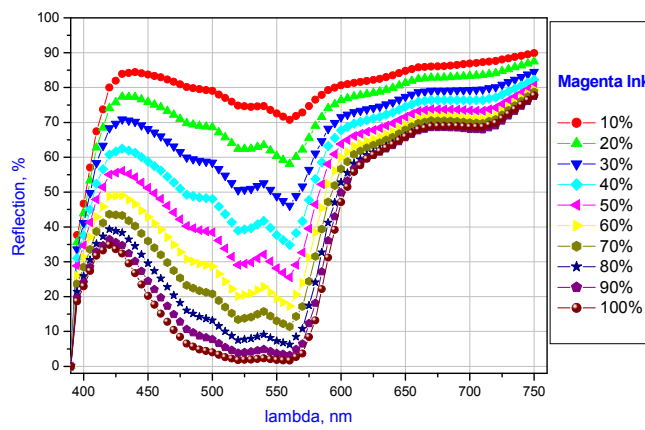
Дослідження проводилось на відбитку цифрового друку (імітація офсетного друку на крейдованому папері).

У ході дослідження отримано спектральні дані відбитку, тобто, кількість світлової енергії відбитої від полів шкали, в інтервалах, розміщених уздовж всього видимого спектру (від 380 до 730 нм), а також паралельно виміряно координати кольору полів шкали (рис.1).

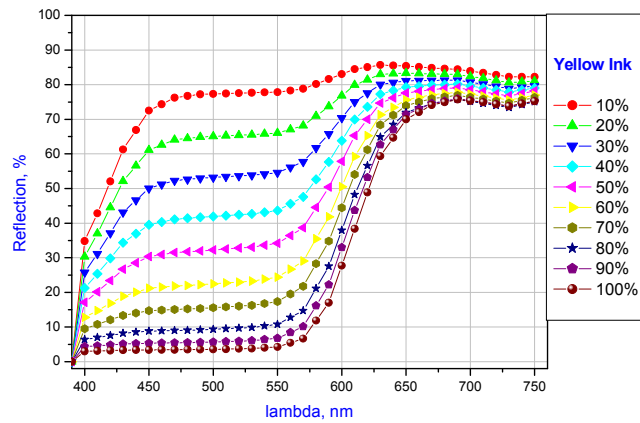
Вимірювальний прилад: спектрофотометр – DATA COLOR. Принцип роботи спектрофотометра оснований на визначенні відношення відбитого від зразка світлового потоку до падаючого потоку світла від вбудованого в прилад джерела. Тоді, на виході отримано спектральний коефіцієнт відбивання (Reflection, %).



a)



б)



в)

Рис. 2. Спектральні криві відбивання фарб:
а - голуба; б – пурпурна; в - жовта

На рисунку 2, побудовано спектральні криві жовтої, пурпурної та голубої фарб. Їх представлено у вигляді «віял» спектральних кривих, що характеризують розподіл випромінювання для кожної тріадної фарби.

Також поміряно спектральні характеристики чорної фарби та полов шкали, які отримали бінарними накладаннями пурпуна+жовта, голуба+пурпурна та голуба+жовта.

На основі отриманих спектральних даних опишемо методику визначення колірних координат відбитків друкарських фарб.

Координати кольору розраховуються із спектрального коефіцієнта відбивання (пропускання), спектрального розподілу енергії джерела освітлення і властивостей «стандартного спостерігача».

Колір досліджуваного зразка можна охарактеризувати, лише вказавши освітлення, при якому він розглядається. В поліграфії стандартним джерелом освітлення для оцінювання та вимірювання кольорів на відбитку прийнято стандартне джерело D50. Джерело D50 – умовне джерело денного світла з корельованою колірною температурою 5000 К, характеризується конкретним спектральним розподілом енергії (Рис. 3.), від якого залежить колір, що буде сприйматися спостерігачем. Для порівняння на рисунку 3 побудовано спектральну криву відбивання кольору паперу, на якому здійснено друк тестової шкали.

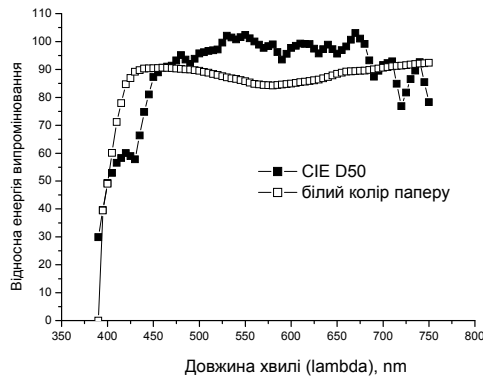


Рис.3. Спектральний розподіл енергії джерела і паперу

Для обчислення колірних координат кольорового зразка використано табличні дані значень відносного спектрального розподілення потужності джерела світла $\Phi(\lambda)$.

Формули для розрахунку координат кольору відбитого світлового потоку конкретного кольорового зразка є наступними:

$$\begin{aligned} X &= \sum_{n=0}^N \Phi(\lambda_n) \bar{x}(\lambda_n) \rho(\lambda_n) \\ Y &= \sum_{n=0}^N \Phi(\lambda_n) \bar{y}(\lambda_n) \rho(\lambda_n) \\ Z &= \sum_{n=0}^N \Phi(\lambda_n) \bar{z}(\lambda_n) \rho(\lambda_n) \end{aligned} \quad (1)$$

де $\rho(\lambda_n)$ – коефіцієнт відбивання для даного зразка,

$\Phi(\lambda_n)$ – відносне спектральне розподілення потужності стандартного джерела світла (D50)

$\bar{x}(\lambda_n), \bar{y}(\lambda_n), \bar{z}(\lambda_n)$ – питомі координати системи XYZ

Від координат X, Y, Z за CIE-рівняннями легко перейти до координат в системі LAB.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОПИСАНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ КОЛІРНИХ КООРДИНАТ

Можна припускати, що така методика (ф-ла (1)) дозволяє точно прогнозувати значення L^*, a^*, b^* -координат конкретного поля відрукованої шкали.

Результати вимірювань L^*, a^*, b^* -координат 100% полів відбитків шкал тріадних фарб спектрофотометром DATA COLOR та розрахунків представлено в таблиці 3.

Таблиця 3.

| Фарба | Експериментальні значення | | | Розраховані за спектральними даними | | | $\Delta E_{CIE2000}$ |
|----------|---------------------------|--------|--------|-------------------------------------|--------|--------|----------------------|
| | L^* | a^* | b^* | L^* | a^* | b^* | |
| Голуба | 53,92 | -37,67 | -50,18 | 56,62 | -45,33 | -44,97 | 4,5 |
| Пурпурна | 47,75 | 72,15 | -2,71 | 47,51 | 66,77 | -5,49 | 1,8 |
| Жовта | 87,73 | -4,98 | 92,98 | 86,18 | -4,98 | 94,63 | 3,3 |

Як бачимо, $\Delta E_{CIE2000}$ між експериментальними значеннями і тими, що розраховані за спектральними даними, має місце перевищення норми лише у випадку голубої фарби і те зовсім незначне ($\Delta E \leq 4$).

Тепер порівняємо експериментальні значення первинних кольорів плашок нашої контрольної шкали зі значеннями, рекомендованими стандартом ISO 12647-2 [1] для друку на папері тип 1,2 (крейдований глянцевиий або матовий).

Таблиця 4

| Фарба | Експериментальні значення | | | Значення зі стандарту ISO 12647-2 | | | $\Delta E_{CIE2000}$ |
|----------|---------------------------|--------|--------|-----------------------------------|-------|-------|----------------------|
| | L^* | a^* | b^* | L^* | a^* | b^* | |
| Голуба | 53,92 | -37,67 | -50,18 | 54 | -36 | -49 | 0,59 |
| Пурпурна | 47,75 | 72,15 | -2,71 | 46 | 72 | -5 | 1,94 |
| Жовта | 87,73 | -4,98 | 92,98 | 88 | -6 | 90 | 1,07 |

Використовуємо формулу $\Delta E_{CIE2000}$, бо тут введено 5 найважливіших поправок, завдяки яким обчислені значення дельти добре порівнюються з градаціями в людському сприйнятті, і, навіть, поправочні коефіцієнти для оптимізації порівнянь в різному промислового застосуванні і для різних умов перегляду.

Як бачимо з таблиці 4 значення дуже добре узгоджуються, а колірні відмінності зовсім незначні і попадають в межі допусків, регламентованих стандартом (табл. 5).

Таблиця 5

| Параметр | Колір | | | |
|---------------------------------|-------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| | Чорна | Голуба ^a | Пурпурна ^a | Жовта ^a |
| Допуск на відхилення | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Допуск на варіацію ^a | 4 | 4 | 4 | 5 |

Оскільки, отримані нами значення координат кольору в системі СІЕ досить точно збігаються зі значеннями, рекомендованими стандартом, то можна стверджувати, що вони характеризують типовий процес відтворення кольорового оригіналу офсетним способом друку на крейдованому папері матовому або глянцевого типу 1,2.

Отже, графіки спектральних кривих, представлених на рис. 2 можна вважати еталонними для типових офсетних фарб за умов друку на крейдованому папері. Ця інформація є цінною, оскільки усі виробники офсетних фарб, як правило не представляють спектральних даних, а подають лише L^*, a^*, b^* -координати плашок тріадних фарб.

В роботі [3] показано, що кількісним показником якості кольорового офсетного друку є параметр нелінійності друкарського процесу, який визначається на основі результатів колориметричних вимірювань друкарських відбитків.

Оскільки друк тестової шкали був цифровий і здійснювався на базі потужної кольоропробної системи з імітацією процесу офсетного друку на крейдованому папері, то представляє інтерес визначити показник нелінійності і порівняти його зі значенням γ для класичного офсетного друку за стандартом ISO 12647-2:2004 для паперу типу 1, 2 (папір крейдований глянцевого або матового).

Показник нелінійності відбитків тріадних фарб визначали за новою вдосконаленою методикою [4] на основі колірних перетворень $L^*, a^*, b^* \rightarrow \text{AdobeRGB (1998)}$. Було побудовано графіки залежностей колірних координат R (голуба фарба), G (голуба фарба), B (жовта фарба) та R G B (чорна фарба) у колірному просторі Adobe RGB від величини растрових елементів ($1-S$) друкарських фарб CMYK на цифровому відбитку шкали з яких шляхом апроксимації нелінійних характеристик степеневими функціями визначено показник нелінійності (табл. 6).

Таблиця 6

| Показник нелінійності γ | С | М | У | К |
|--|------|------|------|------|
| за експериментальними даними | 1,46 | 1,53 | 1,52 | 1,64 |
| за розрахунковими значеннями | 1,45 | 1,51 | 1,53 | 1,64 |
| за експериментальними даними Fogra 27 | 1,53 | 1,55 | 1,50 | 1,68 |

Як видно, значення показника нелінійності, визначеного за експериментальними даними і розрахованими значеннями L^*, a^*, b^* майже співпадають. Крім того, γ відбитків градаційних полів по кожній фарбі, отриманих на цифровому пристрої виведення досить близькі зі значеннями показника нелінійності визначеного за експериментальними даними Fogra 27, що характеризує офсетний процес.

Визначено координати кольору базових векторів тріадних фарб в просторі RGB. В таблиці 7 приведено числові значення координат базових векторів фарб для цифрового і офсетного друку.

Таблиця 7

| Тріадна фарба | за експериментальними даними Fogra 27 | за експериментальними даними | за розрахунковими значеннями |
|--------------------|--|--|--|
| Голуба (Cyan) | $\begin{bmatrix} 0.0189 \\ 0.4972 \\ 0.7917 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0.0102 \\ 0.4585 \\ 0.7750 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0.0121 \\ 0.4986 \\ 0.7727 \end{bmatrix}$ |
| Пурпурна (Magenta) | $\begin{bmatrix} 0.6483 \\ 0.0777 \\ 0.3434 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0.6114 \\ 0.0626 \\ 0.3278 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0.5773 \\ 0.0875 \\ 0.3416 \end{bmatrix}$ |
| Жовта (Yellow) | $\begin{bmatrix} 0.9738 \\ 0.8633 \\ 0.1002 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0.9121 \\ 0.8166 \\ 0.0445 \end{bmatrix}$ | $\begin{bmatrix} 0.9279 \\ 0.7692 \\ 0.0323 \end{bmatrix}$ |

3. ВИСНОВКИ

Хоча цифровий друк та офсетний відрізняються за принципом формування зображення на папері та базові вектори кольорових фарб є близькими, оскільки представляють кольоровідтворення за однакових умов.

1. Process control for the production of half-tone color separation, proof and production prints. Part 2: Offset processes. – Graphic technology. – Geneva, Switzerland. – ISO/DIS 12647-2-2004. 2. Bugai Sascha Greenhouse / S. Bugai // Presentation – Hamburg 3. Шовгенюк М. В. Характеристики відбитків триадних фарб у кольоровому просторі Adobe RGB / М. В. Шовгенюк, Н.В.Занько, Н. С. Писанчин // Комп'ютерні технології друкарства : зб. наук. праць. – Львів : УАД, 2008. – № 19. – С. 203–222. 4. Семенів В. В. Дослідження нелінійних характеристик офсетних фарб в умовах виробництва / В. В.Семенів, М. В. Шовгенюк, Б. М. Ковальський // Комп'ютерні технології друкарства : зб. наук. праць. – Львів : УАД, 2011. – № 26. – С. 180–188.