

УДК 655.255

М. М. Дубневич

ВПЛИВ ПРОФІЛЮ СМУК-КОНВЕРТУВАННЯ НА КОЛЬОРОПОДІЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВОГО ТОНОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ

Систематизовано фактори впливу на точність трансформування інформації про колір від оригіналу до засобів поліграфічного репродукування, проаналізовано кольороподільні характеристики зображень, опрацьованих за різними профілями СМУК-конвертування.

Профіль кольороподілу, питомі ефективні щільності, недоліки кольороподілу, шкідливі контрасти, корисні контрасти, колірний простір, координати кольору

Процес виготовлення кольорової репродукції в ракурсі того, як виникає кольорове зображення та які технологічні процеси при цьому задіяні, можна розділити на наступні частини:

1. Аналітична — процес фізичного кольороподілу при допомозі оптичних засобів (світлофільтри, призми та ін.).

2. Перехідна — градаційний процес.

3. Цифрова – сепарування і накопичення окремих масивів кольороподіленої інформації на матеріальних носіях (фотоформи чи друкарські форми) з попереднім опрацюванням чисельних масивів даних про колір.

4. Синтетична — колірний синтез (суміщення кольороподілених зображень).

Перша частина, яка здійснюється сьогодні електронним способом, має своєю суттю, що промодульоване оригіналом і відбите від нього світло ділиться на три частини відповідно до трьох зон спектра (синьої, зеленої та червоної) у результаті послідовного чи однопрохідного експонування через три світлофільтри – синій, зелений і червоний – на світлочутливий приймач [1]. Такими приймачами у фотографічному кольороподілі слугували фотографічні шари й світлофільтри, через які відбувалося експонування, а в електронному – фотоелементи зі світлофільтрами. Відмінність даних реєструючих середовищ полягає лише у фізичному змісті реакції на світлову енергію: у фотошарах – це виникнення почорніння, а у фотоелементах – струмів або електрорушійної сили. Звичайно, що функціональний зв'язок між діючим випромінюванням і чисельним виразом реакції приймача неоднаковий для різних світлочутливих приймачів. Однак у більшості випадків достатньо вважати, що реакція приймача є довільною функцією від спектральної кривої чутливості приймача і необов'язково лінійного характеру [5].

У технологічному процесі репродукування кольорового тонового зображення поліграфічними способами задіяно ряд технічних засобів, а інфор-

маційний зміст оригіналів багаторазово трансформується за формою його подання та опису. Повний перелік факторів впливу на точність трансформування колірної інформації від оригіналу до засобів поліграфічного репродукування зображено на причинно-наслідковій діаграмі (рис. 1).

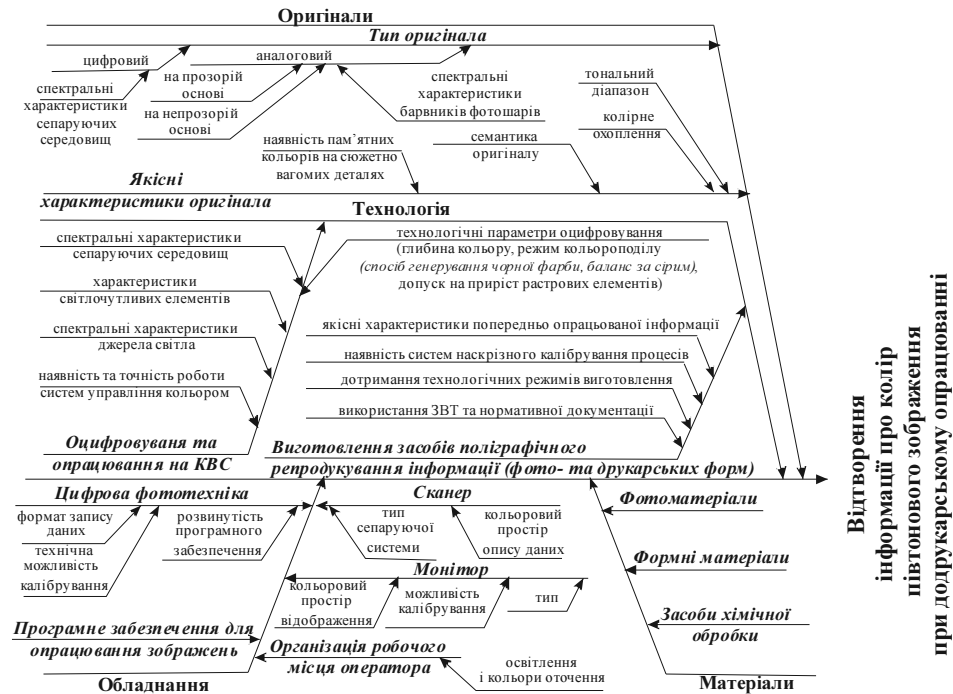


Рис. 1. Фактори впливу на точність трансформування колірної інформації від оригіналу до засобів поліграфічного репродукування

При передаванні інформації про колір від об'єкта зйомки до поліграфічного відбитка у випадку аналогових фотооригіналів кольороподіл здійснюється трічі: фотографування на негативний фотоматеріал, друк кольорового позитива, оцифрування оригіналу скануючою технікою. Тому кольороподільні спотворення накопичуються від етапу до етапу, оскільки на кожному з них задіяні сепаруючі середовища, що не повністю пропускають випромінювання корисної зони спектра і деякою мірою створюють умови для випромінювання сусідніх зон, які теоретично повинні цілком ними поглинатися. Другою причиною виникнення кольороподільних недоліків є неізоактинічність ізохромних кольорів барвників фотографічних оригіналів.

Як свідчать проведені дослідження [6, 7], на етапі створення цифрового тонового зображення виникнення недоліків кольороподілу також є неминучим. Цифрова фототехніка для реєстрування однофарбових складових кожної третини видимого спектра оснащується широкозональними світлофільтрами

(масив Баєра), які, крім своєї зони, пропускають випромінювання двох інших. Розробки конструктивно інших технічних засобів для сепарування колірною випромінювання ведуться, але широкого промислового застосування не знаходять.

Системи наскрізного калібрування додрукарського процесу, покликани усувати вади кольоровідтворення на етапі створення цифрової копії оригіналу, ліквідують лише недоліки скануючої системи (зумовлені застосуванням широкозональних світлофільтрів) й абсолютно не виправляють дефектів кольоровідтворення як результатів паразитичного поглинання барвників на самому фотографічному оригіналі. Неточність у роботу систем управління кольором вносить ще й те, що як тест-об'єкт для калібрування систем введення інформації застосовується модельний оригінал, виготовлений на фотоматеріалах фірми Kodak, у той час як зображення на фотоматеріалах інших провідних виробників відрізняється за колірними характеристиками, незважаючи на прийняті певні стандарти на кольоровідтворення.

Калібрування цифрової фототехніки ускладнюється тим, що фотографування проводиться завжди при різних умовах освітлення, з використанням джерел різних потужності й спектрального складу випромінювання, і тому неминуче виникають ті ж два типи кольороподільних спотворень, а також добавляється ряд недоліків, характерних власне для цифрової фототехніки: цифрові шуми, нерізкість, розбалансування нейтральних кольорів через особливості спектрального складу випромінювання, при якому експонується зображення. Результат клопітного процесу створення профілю цифрової фотокамери можна застосовувати лише за сталих конкретних умов експонування, що реалізовується лише в умовах фотостудії. А час, витрачений на технічне виконання профілювання, може виявитися більшим, ніж саме наступне експонування.

Цифрова (або математична) стадія кольороподілу виконується спеціалізованим програмним забезпеченням по наступних етапах. Фізичні величини реакцій приймачів світлової інформації, кількісний вираз яких залежить від потужності світлового потоку, зареєстрованого від кожної елементарної ділянки об'єкта фотографування чи фотооригіналу в аналоговому поданні на етапі сканування, описуються трьома координатами кольору в адитивній системі (червона, зелена та синя складові). Перехід до координат субтрактивної системи (жовтий, пурпурний голубий) складається з двох частин. Спочатку проводиться перерахунок адитивних координат в абсолютні колірних просторів XYZ та LAB, що дозволяє присвоїти кольору однозначні числові значення. Друга частина процесу відбувається з використанням експериментальних даних, що забезпечує моделювання кольорового відбитка на додрукарському етапі за принципом аналога. Так, наприклад, програма Adobe Photoshop CS у вигляді довідкових таблиць, які в одному стовбці містять числові значення CMYK, а в другому – конкретні кольори в просторі XYZ або LAB, проміряні на відбитку, використовує експериментальні дані німецького інституту FOGRA [12]. У ході експерименту FOGRA віддруковано тестові оригінали, які поєдну-

ють різні комбінації співвідношень растрових елементів друкарських фарб, на різних типах паперу, в неоднакових умовах друку, і визначено координати XYZ та LAB. Усі показники FOGRA зведено в таблиці, на сьогодні маємо близько 60 тис. даних. Користувач може вибрати й інші параметри друку та властивості фарб, з урахуванням типу паперу, які відповідають стандартам SWOP, Euroscale, Toyo. Для найточнішої відповідності конкретному друкарському процесу характеристичні таблиці можна отримати самостійно. Отже, для забезпечення оптимального переходу із системи RGB до CMYK за принципом аналога необхідно використати таблицю співвідношень RGB – CMYK, і чим більше полів міститиме вона, тим точнішим буде кольоровідтворення. Однак об'ємна таблиця займе багато пам'яті комп'ютера і тим самим сповільнить роботу. Крім того, потрібне спеціальне програмне забезпечення для опрацювання числових даних і для розрахунку усіх можливих комбінацій значень RGB і CMYK інтерполяцією.

Літературні джерела [3, 11] зазначають, що системи CMS, задіяні при перерахунку координат із RGB у CMYK, повинні усувати недоліки кольороподілу та враховувати особливості наступного етапу поліграфічного репродукування кольорового зображення. Для налаштування робочого потоку в програмному забезпеченні для роботи з кольором від корпорації Adobe [10], зокрема у графічному редакторі PhotoShop CC, пропонується вісім профілів кольорового простору RGB (Adobe RGB (1998), Apple RGB, ColorMatch RGB, SMPTE-C, PAL/SECAM, HDTV (Rec. 709), SDTV NTSC, SDTV PAL) і чотирнадцять профілів CMYK-простору (US Web Coated (SWOP) v2, US Web Uncoated v2, Coated GRACoL 2006 (ISO 12647-2:2004), Web Coated SWOP Grade 3 Paper, Web Coated SWOP Grade 5 Paper, Coated FOGRA27 (ISO 12647-2:2004), Web Coated FOGRA28 (ISO 12647-2:2004), Uncoated FOGRA29 (ISO 12647-2:2004), Coated FOGRA39 (ISO 12647-2:2004), Japan Web Coated (Ad), Japan Color 2001 Coated, Japan Color 2001 Uncoated, Japan Color 2002 Newspaper, Japan Color 2003 Web Coated).

Дослідження, що проводяться у цій сфері, стосуються розроблення високоточних таблиць відповідності між CMYK і RGB координатами, точності відтворення колірної інформації на поліграфічному відбитку [2, 4]. Водночас відсутня інформація про кольороподільні характеристики зображень, конвертованих у колірний простір CMYK за існуючими профілями. З огляду на це, доцільно дослідити кольороподільні характеристики цифрових тонових зображень, які пройшли конвертування в субтрактивний простір опису кольору CMYK за профілями, інтегрованими у графічний редактор PhotoShop CC (Adobe). З переліку чотирнадцяти профілів для дослідження обрано найтипівіші та широкоживані. Технологічні відмінності між профілями полягають у закладанні характеристик матеріалів, запланованих для майбутнього поліграфічного репродукування, і, відповідно, пов'язаних з цим характеристик друкарського процесу: тип формних пластин, сумарний відсоток фарб, тип паперу, приріст розмірів растрових елементів.

Таблиця 1

Кольороподільні характеристики зображення модельного оригіналу, переведеного в модель СМУК за різними профілями конвертування

Профіль	Матриця кольороподільних характеристик	
	чистих кольорів	бінарних кольорів
Fogra39 Coated	$\alpha = \begin{pmatrix} 0,65 & 0,29 & 0,21 \\ 0,21 & 0,87 & 0,51 \\ 0,18 & 0,11 & 0,7 \end{pmatrix}$	$\beta = \begin{pmatrix} 0,65 & 0,70 & 0,23 \\ 1 & 0,27 & 1 \\ 0,14 & 0,93 & 0,84 \end{pmatrix}$
Fogra27 Coated	$\alpha = \begin{pmatrix} 0,65 & 0,25 & 0 \\ 0,21 & 0,84 & 0,51 \\ 0,21 & 0 & 0,58 \end{pmatrix}$	$\beta = \begin{pmatrix} 0,68 & 0,63 & 0,17 \\ 0,73 & 0,33 & 1 \\ 0,05 & 0,65 & 0,70 \end{pmatrix}$
Fogra29 Uncoated	$\alpha = \begin{pmatrix} 0,70 & 0,23 & 0,11 \\ 0,19 & 0,90 & 0,47 \\ 0,18 & 0,09 & 0,68 \end{pmatrix}$	$\beta = \begin{pmatrix} 0,81 & 0,60 & 0,18 \\ 1 & 0,33 & 1 \\ 0,09 & 0,75 & 1 \end{pmatrix}$
Japan Color 2001 Coated	$\alpha = \begin{pmatrix} 0,60 & 0,25 & 0,19 \\ 0,29 & 1 & 0,47 \\ 0,18 & 0,11 & 0,84 \end{pmatrix}$	$\beta = \begin{pmatrix} 0,60 & 0,73 & 0,19 \\ 1 & 0,36 & 1 \\ 0,16 & 0,90 & 0,68 \end{pmatrix}$
SWOP Coated	$\alpha = \begin{pmatrix} 0,64 & 0,24 & 0,08 \\ 0,15 & 1,00 & 0,38 \\ 0,11 & 0,03 & 0,64 \end{pmatrix}$	$\beta = \begin{pmatrix} 0,60 & 0,64 & 0,27 \\ 1,00 & 0,32 & 0,94 \\ 0,05 & 0,64 & 0,74 \end{pmatrix}$

Для оцінювання впливу СМУК-конвертування на якісні характеристики кольороподілу використано цифрову копію модельного оригіналу, складеного зі ступеневих шкал жовтого, пурпурного, голубого, синього, зеленого, червоного та ахроматичного кольорів, отриману скануванням. На опрацьованих за вказаними профілями зображеннях згідно з розробленою методикою оцінювання якості кольороподілу [8, 9] визначено відносні величини актинічностей кожної зі шкал модельного оригіналу в трьох кольороподілених зображеннях субтрактивного способу синтезу. Отримані дані перевели в ефективні щільності і за графічним поданням кольороподільних характеристик визначили питомі ефективні щільності, які звели в матриці кольороподілу чистих і бінарних кольорів (табл. 1).

Як відомо, матриця питомих ефективних щільностей чистих кольорів при ідеальному кольороподілі повинна бути одиничною, а при реальному – максимально наближеною до одиничної. Отримані матриці для різних профілів СМУК-конвертування свідчать, що у жодному з досліджуваних способів отримати кольороподільні характеристики, близькі до ідеальних, не вдалося: у всіх випадках зображенню властиві недоліки кольороподілу обох типів – бракує виділених кольорів, а невиділених маємо в надлишку. Аналогічно матриці бінарних кольорів (червоного, зеленого та синього) свідчать про наявність не-

доліків відтворення кольорів: жоден з бінарів не відтворюється лише двома фарбами, завжди присутня третя, яка затемнює їх.

Оскільки виділити один профіль, що забезпечував би ідеальний кольороподіл, не вдається, проаналізуємо, який із способів дає кольоровідтворення з мінімальними відхиленнями. Умовою задовільного кольороподілу приймемо питомі ефективні щільності по виділених кольорах на рівні 0,7 і вище, а шкідливі контрасти – на рівні 0,2 і нижче. Таким чином, матриця чистих кольорів, складена з дев'яти коефіцієнтів, три з яких відповідно до прийнятих умов повинні становити 0,7 і більше (т. зв. корисні контрасти), а шість – 0,2 і менше (т. зв. шкідливі контрасти). Натомість у матриці бінарних кольорів навпаки: шість повинні задовольняти умову $\geq 0,7$ (корисні контрасти), а три – $\leq 0,2$ (шкідливі контрасти). У табл. 2 наведено аналіз відповідності характеристик конвертованих зображень поставленим умовам.

Таблиця 2

Аналіз відповідності якісних характеристик зображень, переведених у модель СМУК за різними профілями конвертування, умовам задовільного кольороподілу

Профіль	Кольороподільні характеристики	
	чистих кольорів	бінарних кольорів
1	2	3
Fogra39 Coated	Корисні контрасти Відповідають умові $\geq 0,7 - 2$ Не відповідають умові $\geq 0,7 - 1$	Корисні контрасти Задовольняють умові $\geq 0,7 - 5$ Не задовольняють умові $\geq 0,7 - 1$
	Шкідливі контрасти Відповідають умові $\leq 0,2 - 2$ Не відповідають умові $\leq 0,2 - 4$	Шкідливі контрасти Задовольняють умові $\leq 0,2 - 1$ Не задовольняють умові $\leq 0,2 - 2$
	10 коефіцієнтів з 18 відповідають умовам задовільного кольороподілу	
Fogra27 Coated	Корисні контрасти Відповідають умові $\geq 0,7 - 1$ Не відповідають умові $\geq 0,7 - 2$	Корисні контрасти Задовольняють умові $\geq 0,7 - 3$ Не задовольняють умові $\geq 0,7 - 3$
	Шкідливі контрасти Задовольняють умові $\leq 0,2 - 2$ Не відповідають умові $\leq 0,2 - 4$	Шкідливі контрасти Задовольняють умові $\leq 0,2 - 2$ Не задовольняють умові $\leq 0,2 - 1$
	8 коефіцієнтів з 18 відповідають умовам задовільного кольороподілу	
Fogra29 Uncoated	Корисні контрасти Відповідають умові $\geq 0,7 - 2$ Не відповідають умові $\geq 0,7 - 1$	Корисні контрасти Задовольняють умові $\geq 0,7 - 5$ Не задовольняють умові $\geq 0,7 - 1$
	Шкідливі контрасти Відповідають умові $\leq 0,2 - 4$ Не відповідають умові $\leq 0,2 - 2$	Шкідливі контрасти Задовольняють умові $\leq 0,2 - 2$ Не задовольняють умові $\leq 0,2 - 1$
	13 коефіцієнтів з 18 відповідають умовам задовільного кольороподілу	

Продовж. табл. 2

1	2	3
Japan Color 2001 Coated	Корисні контрасти Відповідають умові $\geq 0,7 - 2$ Не відповідають умові $\geq 0,7 - 1$	Корисні контрасти Задовольняють умові $\geq 0,7 - 4$ Не задовольняють умові $\geq 0,7 - 2$
	Шкідливі контрасти Відповідають умові $\leq 0,2 - 3$ Не відповідають умові $\leq 0,2 - 3$	Шкідливі контрасти Задовольняють умові $\leq 0,2 - 2$ Не задовольняють умові $\leq 0,2 - 1$
	11 коефіцієнтів з 18 відповідають умовам задовільного кольороподілу	
SWOP Coated	Корисні контрасти Відповідають умові $\geq 0,7 - 1$ Не відповідають умові $\geq 0,7 - 2$	Корисні контрасти Задовольняють умові $\geq 0,7 - 3$ Не задовольняють умові $\geq 0,7 - 3$
	Шкідливі контрасти Відповідають умові $\leq 0,2 - 4$ Не відповідають умові $\leq 0,2 - 2$	Шкідливі контрасти Задовольняють умові $\leq 0,2 - 1$ Не задовольняють умові $\leq 0,2 - 2$
	9 коефіцієнтів з 18 відповідають умовам задовільного кольороподілу	

Грунтуючись на отриманих результатах (табл. 2), досліджувані профілі СМУК-конвертування за ступенем наближення сформованих кольороподільних характеристик до задовільних можна укласти в наступний ряд:

Fogra27 Coated → *SWOP Coated* → *Fogra39 Coated* → *Japan Color 2001 Coated* → *Fogra29 Uncoated*.

З вищевикладеного випливає:

жоден із профілів при конвертуванні кольорового тонового зображення у субтрактивний простір не забезпечує прийнятні кольороподільні характеристики, але, безумовно, впливає на їх кількісний зміст;

з досліджуваних профілів конвертування з арсеналу програмного забезпечення PhotoShop CC (Adobe) можна рекомендувати *Fogra29 Uncoated* як такий, що дає змогу найкраще відтворити виділені кольори (7 з 9 питомих щільностей) та отримати найнижчі шкідливі контрасти (лише 3 з 9 питомих щільностей не відповідають встановленим вимогам). Подібні результати зафіксовано і при використанні профілю *Japan Color 2001 Coated*, що відповідає стандартам TOYO, якими керуються в країнах Азії та Сходу. Оскільки в українській поліграфії він рідко вживаний, рекомендувати його до застосування недоречно.

1. Барановський І.В. Поліграфічна переробка образотворчої інформації / І.В. Барановський, Ю.П. Яхимович. – К.-Л.: ІЗМН, 1998. – 400 с. 2. Гурьева Н.С. Разработка информационной модели процесса цветовоспроизведения в полиграфических системах / Н.С. Гурьева, Кулишова Н.Е. // Радиоэлектронні та комп'ютерні системи. – Х.: 2009. – №4. – С.73–78. 3. Домасев М.В. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения / М.В. Домасев, С.П. Гнатюк. – СПб.: Питер, 2009. – 227 с. 4. Занько Н. В. Метод розрахунку кольорових координат X,Y,Z при друкуванні растрового зображення з модульованою частотою / Занько Н. В., Писанчин Н. С., Шовгенюк М.В. // Комп'ютерні технології друкарства : зб. наук.

пр. – Львів: Укр. акад. друкарства. – 2006. – №16. – С. 278–288. 5. Ньюберг Н.Д. Теоретические основы цветной репродукции / Ньюберг Н.Д. – М.: Советская наука, 1947. – 176 с. 6. Ференц М.І. Сканування та якість кольоровідтворення / М.І. Ференц, М.М. Ференц // Наукові записки: наук.-техн. зб. – Львів: Укр. акад. друкарства. – 1999. – №1. – С. 37–39. 7. Ференц М.М. Взаємозв'язок кольорової моделі скануючого пристрою і характеристик цифрового півтонового зображення / Ференц М.М. // Наукові записки: наук.-техн. зб. – Львів: Укр. акад. друкарства. – 2003. – №6. – С. 107. 8. Ференц М.М. Вплив параметрів субтрактивних координат на кольороподільні характеристики комп'ютерних зображень / М.М. Ференц // Наукові записки: наук.-техн. зб. – Львів: Укр. акад. друкарства. – 2000. – №3. – С. 57–59. 9. Ференц М.І. Ефективна щільність оригіналу – міра кольоровідтворення комп'ютерних зображень / М.І. Ференц, М.М. Ференц. // Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. пр. – Львів: Укр. акад. друкарства. – 2000. – №4. – С. 62–65. 10. Adobe Photoshop SC2, SC3, CC [б/а] [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.adobe.com/products>. 11. Color conversion (RGB / CMYK / HSV / YUV / YIC) [б/а] [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://web.forret.com>. 12. FOGRA characterisation data for offset: International Color Consortium [б/а] [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.color.org/FOGRA.html>.

ВЛИЯНИЕ ПРОФИЛЯ СМΥΚ-КОНВЕРТИРОВАНИЯ НА ЦВЕТОДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВОГО ТОНОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Систематизировано факторы влияния на точность трансформирования информации о цвете от оригинала до средств полиграфического репродуцирования, проанализировано цветоделительные характеристики изображений, обработанных по разным профилям СМΥΚ-конвертирования.

INFLUENCE OF TYPE OF CMYK-CONVERTING ON COLOR SEPARATION DESCRIPTIONS OF A DIGITAL TONE IMAGE

The factors of influence on exactness of transformation of chrominance are systematized from an original to facilities of polydiene reproduction, color separation descriptions of images, worked out after the different types of cmyk-converting are analysed.

Стаття надійшла 03.10.2014