

УДК 655.024:655.027:655.3.027.3:680.3:778.18

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЦВЕТА ШЕСТИКРАСОЧНОЙ ФЛЕКСОГРАФСКОЙ ПЕЧАТИ

**© Н. Е. Кулишова, к.т.н., доцент, И. В. Балашов,
магистрант, Харьковский национальный университет
радиоэлектроники, Харьков, Украина**

**Розглянуто процес шестифарбового флексографічного
друку. Досліджено точність моделювання кольору
за допомогою поширеної моделі Нейгебауера.**

**Six-ink flexographic printing process was considered.
Precision of color modeling using extended Neugebauer
model was researched.**

Постановка проблемы

Для флексографии проблема ограниченности цветового охвата стандартных триадных красок в настоящее время проявляется особо остро, что связано с увеличением производства упаковочной продукции в последние годы.

За последние 15 лет краски, печатные формы, анилоксовые валы и способы измерения обеспечили значительное развитие флексографской печати триадными красками. Но его сдерживает ограниченный цветовой охват красок СМУК. Попытки расширить цветовой охват триады предпринимаются не одно десятилетие, и определенный прогресс уже достигнут [1–4]. С появлением современных 8–10-секционных печатных машин предприятия начали активно применять дополнительные смесевые краски Pantone в дополнение к стандартному набору СМУК для устранения этого недостатка.

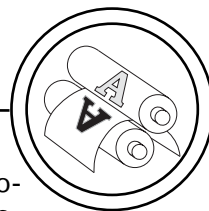
Основная идея подобного подхода заключается в предос-

тавлении заказчикам красок специального веера, в данном случае Pantone Formula Guide, с помощью которых можно синтезировать любой наперед заданный цвет. В частности, была разработана технология шести-красочного синтеза Hexachrome. Задачей разработчиков являлся выбор таких первичных цветов, чтобы иметь возможность (хотя бы теоретическую) точно воспроизвести как можно больше цветов из собственного каталога Pantone Matching System (PMS) [5].

Разработанная и лицензированная компанией Pantone в 1995 г. технология Hexachrome использует краски СМУК с изменённой формулой, а также оранжевую и зелёную краски. 6-цветная палитра более чем вдвое расширяет цветовой охват стандартной триады, воспроизводя почти 90 % смесевых цветов Pantone [6].

Цель работы

Новые технологии многокрасочной печати позволяют ре-



шить проблему расширения цветового охвата флексографской печати, предоставляя ряд определенных преимуществ. Но в реальности возникает ряд причин, по которым цвет оттиска будет значительно отличаться от цвета из каталога, и вот основные из них:

— отличие основных цветов используемых красок от базовых красок Pantone (по причине отличия состава композиции и существенно более серьезным требованиям к упаковочным краскам с точки зрения стойкости);

— большой диапазон толщин красочного слоя в зависимости от гравировки формного и анилоксого вала, а также рабочей вязкости;

— существенно большее разнообразие характеристик запечатываемых материалов — главным образом влияют собственный цвет, глянец и впитывающая способность.

Таким образом, при наличии достаточного охвата, флексографская печать шестью красками не всегда обеспечивает нужную степень точности воспроизведения цветов. Все эти факторы позволяют сформулировать основную цель данной работы — проверка эффективности расширенной цветовой модели уравнений Нейгебауэра для прогнозирования цветов в модели флексографской многокрасочной печати на белой пленке.

Результаты проведенных исследований

В 1937 г. Нейгебауэр предложил модель [7] прогнозирова-

ния цвета при автотипном наложении трех базовых составляющих полиграфического синтеза (голубой, пурпурной и желтой), в зависимости от площадей их растровых элементов и их комбинаций, включая площадь незапечатанной бумаги:

$$R(\lambda) = \sum_{i=1}^N S_i R_i(\lambda), \quad (1)$$

где $R(\lambda)$ — прогнозируемый спектральный коэффициент отражения оттиска в зависимости от длины волны излучений λ ; $R_i(\lambda)$ — спектральный коэффициент отражения i -ой красочной составляющей; S_i — вероятность формирования i -го красочного компонента в общей площади растровой ячейки; $i = 1, 2, \dots, N$, $N = 2^3 = 8$. Компоненты образуются из одно-, двух- и трехкрасочных наложений растровых точек базовых цветов.

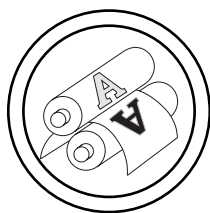
Для L красок синтеза $N = 2^L$. В частности, для пяти составляющих: стандартной триады (голубая, пурпурная, желтая) и двух дополнительных (оранжевая и зеленая), $N = 2^5 = 32$ [8–10].

Вероятности S_i появления участков, запечатанных одними красками, и свободных от других, прямо пропорциональны размерам растровых точек красок синтеза [10]:

$$S_{\text{WHITE}} = (1 - c_{\text{sq}}) * (1 - m_{\text{sq}}) * (1 - o_{\text{sq}}) * (1 - g_{\text{sq}});$$

$$S_c = c_{\text{sq}} * (1 - m_{\text{sq}}) * (1 - y_{\text{sq}}) * (1 - o_{\text{sq}}) * (1 - g_{\text{sq}});$$

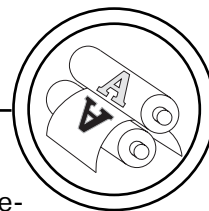
$$S_m = c_{\text{sq}} * m_{\text{sq}} * (1 - y_{\text{sq}}) * (1 - o_{\text{sq}}) * (1 - g_{\text{sq}});$$



| | |
|--|---|
| $S_Y = c_{sq} * (1 - m_{sq}) * y_{sq} * (1 - o_{sq}) * (1 - g_{sq});$ | $S_{CYO} = c_{sq} * (1 - m_{sq}) * y_{sq} * o_{sq} * (1 - g_{sq});$ |
| $S_O = c_{sq} * (1 - m_{sq}) * (1 - y_{sq}) * o_{sq} * (1 - g_{sq});$ | $S_{CYG} = c_{sq} * (1 - m_{sq}) * y_{sq} * (1 - o_{sq}) * g_{sq};$ |
| $S_G = c_{sq} * (1 - m_{sq}) * (1 - y_{sq}) * (1 - o_{sq}) * g_{sq};$ | $S_{COG} = c_{sq} * (1 - m_{sq}) * (1 - y_{sq}) * o_{sq} * g_{sq};$ |
| $S_{CM} = c_{sq} * m_{sq} * (1 - y_{sq}) * (1 - o_{sq}) * (1 - g_{sq});$ | $S_{MYO} = (1 - c_{sq}) * m_{sq} * y_{sq} * o_{sq} * (1 - g_{sq});$ |
| $S_{CY} = c_{sq} * (1 - m_{sq}) * y_{sq} * (1 - o_{sq}) * (1 - g_{sq});$ | $S_{MYG} = (1 - c_{sq}) * m_{sq} * y_{sq} * (1 - o_{sq}) * g_{sq};$ |
| $S_{CO} = c_{sq} * (1 - m_{sq}) * (1 - y_{sq}) * o_{sq} * (1 - g_{sq});$ | $S_{MOG} = (1 - c_{sq}) * m_{sq} * (1 - y_{sq}) * o_{sq} * g_{sq};$ |
| $S_{CG} = c_{sq} * (1 - m_{sq}) * (1 - y_{sq}) * (1 - o_{sq}) * g_{sq};$ | $S_{YOG} = (1 - c_{sq}) * (1 - m_{sq}) * y_{sq} * o_{sq} * g_{sq};$ |
| $S_{MY} = (1 - c_{sq}) * m_{sq} * y_{sq} * (1 - o_{sq}) * (1 - g_{sq});$ | $S_{CMYO} = c_{sq} * m_{sq} * y_{sq} * o_{sq} * (1 - g_{sq});$ |
| $S_{MO} = (1 - c_{sq}) * m_{sq} * (1 - y_{sq}) * o_{sq} * (1 - g_{sq});$ | $S_{CMYG} = c_{sq} * m_{sq} * y_{sq} * (1 - o_{sq}) * g_{sq};$ |
| $S_{MG} = (1 - c_{sq}) * m_{sq} * (1 - y_{sq}) * (1 - o_{sq}) * g_{sq};$ | $S_{CMOG} = c_{sq} * m_{sq} * (1 - y_{sq}) * o_{sq} * g_{sq};$ |
| $S_{YO} = (1 - c_{sq}) * (1 - m_{sq}) * y_{sq} * o_{sq} * (1 - g_{sq});$ | $S_{CYOG} = c_{sq} * (1 - m_{sq}) * y_{sq} * o_{sq} * g_{sq};$ |
| $S_{YG} = (1 - c_{sq}) * (1 - m_{sq}) * y_{sq} * (1 - o_{sq}) * g_{sq};$ | $S_{MYOG} = (1 - c_{sq}) * m_{sq} * y_{sq} * o_{sq} * g_{sq};$ |
| $S_{OG} = (1 - c_{sq}) * (1 - m_{sq}) * (1 - y_{sq}) * o_{sq} * g_{sq};$ | $S_{CMYOG} = c_{sq} * m_{sq} * y_{sq} * o_{sq} * g_{sq}; \quad (2)$ |
| $S_{CMY} = c_{sq} * m_{sq} * y_{sq} * (1 - o_{sq}) * (1 - g_{sq});$ | |
| $S_{CMO} = c_{sq} * m_{sq} * (1 - y_{sq}) * o_{sq} * (1 - g_{sq});$ | |
| $S_{CMG} = c_{sq} * m_{sq} * (1 - y_{sq}) * (1 - o_{sq}) * g_{sq};$ | |

где c_{sq} , m_{sq} , y_{sq} , o_{sq} , g_{sq} — площади растровых точек основных составляющих синтеза в пределах одной ячейки.

Механическое и оптическое растискивание, которые сопровождают процессы печати и восприятия цветных растрован-

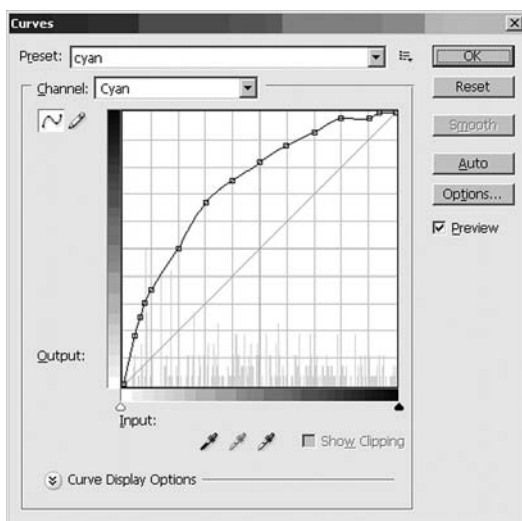


ных изображений, являются естественными искажениями, которые невозможно ликвидировать, но можно компенсировать их влияние. Проблема растискивания в флексографской печати очень актуальна из-за особенностей печатных форм, красок и невпитывающего характера основ [11, 12]. Растискивание является аддитивной нелинейной величиной, которую можно моделировать аналитически, либо описывать эмпирическими кривыми. Эти кривые обычно определяют для каждого из каналов синтеза. В данной работе были использованы кривые увеличения площади растровой точки ΔS , показанные на рис., которые были табулированы и использованы для расчета площадей базовых составляющих синтеза:

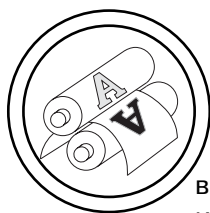
$$S_i = S'_i + \Delta S. \quad (3)$$

Здесь S'_i — предполагаемые размеры растровых точек i -ой красочной составляющей; S_i — размеры точек на оттиске с учетом растискивания.

Для проверки точности прогноза цвета с помощью расширенной модели Нейгебауэра была использована стандартная тестовая шкала из 1672 полей для шестикрасочной печати, которая включает плашечные элементы для основных красок синтеза, и поля наложений основных красок, а также различные комбинации наложений составляющих. Шкала отпечатана на жемчужной полипропиленовой пленке. Спектральные коэффициенты отражения полей $R_i(\lambda)$ и координаты цветов $Lab_{измер}$ были измерены с помощью спектрофотометра. На основе спектральных кривых рассчитаны цветовые координаты полей шкалы $Lab_{теор}$ [7]. Между цвето-



Пример кривой растискивания для шестикрасочной флексографской печати на белой пленке



выми координатами $Lab_{измер}$ и $Lab_{теор}$ найдено цветовое различие, которое в среднем по шкале составило $1 \Delta E$ [7]. Это значение составляет погрешность вычислений цветовых координат.

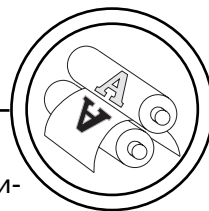
По формулам (2) с учетом кривых растискивания найдены вероятности формирования многокрасочных наложений в пределах растровой ячейки. В соответствии с уравнением Нейгебауэра (1) найдены прогнозируемые спектральные коэффициенты $R(\lambda)$, на основе которых рассчитаны прогнозируемые цветовые

координаты полей шкалы $Lab_{прогн}$. Некоторые результаты расчетов приведены в таблице.

Среднее значение цветового отклонения по шкале составило $\Delta E = 3,79$. С учетом погрешности вычислений это отклонение считается приемлемым согласно стандарту [13]. Таким образом, применение расширенной модели Нейгебауэра для прогнозирования цвета на оттиске при флексографской пятикрасочной печати на белой пленке можно считать эффективным.

Результаты измерений и расчетов цветовых координат полей шкалы

| Поле шкалы | Цветовые координаты полей | | | | | | | | | Цветовое различие ΔE | |
|------------|---------------------------|--------|--------|--|--------|--------|--|--------|--------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | измеренные $Lab_{измер}$ | | | рассчитанные по измеренным спектрам $Lab_{теор}$ | | | рассчитанные по уравнению модели $Lab_{прогн}$ | | | | |
| | L | a | b | L | a | b | L | a | b | между $Lab_{измер}$ и $Lab_{теор}$ | между $Lab_{измер}$ и $Lab_{прогн}$ |
| F1 | 29,70 | -26,70 | 8,10 | 29,30 | -25,18 | 6,57 | 30,22 | -27,21 | 8,08 | 2,19 | 0,73 |
| G7 | 70,40 | 21,10 | -3,60 | 69,96 | 20,50 | -3,52 | 73,00 | 16,76 | -0,68 | 0,75 | 5,84 |
| G11 | 66,30 | 23,80 | 42,60 | 66,76 | 23,62 | 42,03 | 65,73 | 26,21 | 46,22 | 0,75 | 4,39 |
| G15 | 60,10 | 34,40 | 15,40 | 60,38 | 34,30 | 14,87 | 60,65 | 34,77 | 17,05 | 0,60 | 1,78 |
| G22 | 59,40 | 34,30 | 8,30 | 59,93 | 33,85 | 8,01 | 60,25 | 33,38 | 12,25 | 0,75 | 4,14 |
| 2I9 | 64,10 | -51,80 | 39,80 | 63,76 | -52,41 | 39,67 | 64,69 | -52,74 | 40,80 | 0,71 | 1,49 |
| N10 | 43,10 | -26,10 | -22,10 | 43,42 | -26,15 | -22,35 | 43,75 | -23,24 | -26,30 | 0,41 | 5,12 |
| 2L22 | 34,60 | 23,90 | 20,80 | 35,10 | 22,11 | 19,98 | 33,91 | 30,65 | 21,27 | 2,04 | 6,80 |
| 2G14 | 21,70 | 3,70 | 2,00 | 22,62 | 2,66 | 2,25 | 21,83 | 6,64 | 1,45 | 1,41 | 2,99 |
| 2I7 | 50,80 | -55,40 | 19,10 | 49,85 | -56,11 | 19,36 | 48,44 | -58,16 | 17,97 | 1,21 | 3,80 |
| 2L21 | 55,50 | -44,50 | -12,90 | 55,63 | -44,69 | -13,15 | 55,18 | -43,03 | -14,23 | 0,34 | 2,01 |
| W10 | 40,90 | 46,20 | 14,60 | 40,62 | 45,80 | 13,87 | 41,62 | 49,06 | 16,96 | 0,87 | 3,77 |



Выводы

В данной работе рассмотрена задача моделирования цвето-передачи при шестикрасочной флексографской печати с помощью расширенной модели Нейгебауэра. Модель позволяет

применять стандартные колориметрические методы сравнения, которые демонстрируют достаточную точность прогнозирования, предписываемую регламентирующими документами, что подтверждает пригодность модели.

1. Расширение цветового охвата: поиск новых возможностей продолжается // Флексо Плюс. — 2004. — № 3. — С. 36—39.
2. Дреер М. Методы многокрасочного цветоделения / М. Дреер // Флексо Плюс. — 2007. — № 1(55).
3. Гудилин Д. За пределами цветового пространства СМΥΚ / Д. Гудилин // КомпьюАрт. — 2007. — № 8. — С. 24—28.
4. Цветовой охват становится шире // ФСП. — 2004. — № 2.
5. Петраш Д. «Страсти по пантону», или проблемы печати смесевыми красками / Д. Петраш // Флексо Плюс. — 2003. — № 1. — С. 20—25.
6. Игнатов К. Технология Hexachrome с точки зрения одной персоны / К. Игнатов // Курсив. — 2000. — № 3(23).
7. Джадд Д. Цвет в науке и технике / Д. Джадд, Г. Вышецки; пер. с англ. под ред. Л. Ф. Артюшина. — М. : Мир, 1978. — 592 с.
8. Amidror I. Neugebauer and Demichel: dependence and independence in n-screen superpositions for colour printing / I. Amidror, R. D. Hersch // Color Res. Appl., 2000. — 25(4). — P. 267—277.
9. Tzeng D. Spectral-Based Six-Color Separation Minimizing Metamerism / D. Tzeng, R. S. Berns // Proc. of 8 IS&T/SID Color Imaging Conference. — Scottsdale, 2000. — P. 342—347.
10. Chen Y. A Multi-Ink Color-Separation Algorithm Maximizing Color Constancy / Y. Chen, R. S. Berns, L. A. Taplin, F. H. Imai, C. F. Carlson // IS&T/SID Eleventh Color Imaging Conference, 2003. — P. 277—281.
11. Растривание как способ решения проблем флексографской печати // КомпьюАрт. — 2008. — № 2.
12. Титов А. Определение растискивания во флексографии / А. Титов // Флексо Плюс. — 2007. — № 1(55).
13. ISO 12647:2007. Технология полиграфии. Управление технологическим процессом по изготовлению растровых цветоделенных изображений, пробных и тиражных оттисков / Specification ISO 12647. — 2007. — 58 с.

Рецензент — А. В. Григор'ев, к.т.н.,
доцент, ХНУРЕ

Надійшла до редакції 21.01.11