

order to deal with non-breathable movements, we must first involve them in the model that we build.

In the case of rPPG, the metrics were much lower in any measurement scenario, but the algorithm is rather “raw” and works with only three methods for modulating the respiratory signal with a cardiogram, possibly with further research, based on Peter H. Charlton [6], the performance of the algorithm can be improved.

### REFERENCES

1. C. Seymour, J. Kahn, C. Cooke, T. Watkins, S. Heckbert, and T. Rea, (2010). Prediction of critical illness during out-of-hospital emergency care, *J. Am. Med. Assoc.* 304(7), 747–754 (in English)
2. F. Q. Al-Khalidi, R. Saatchi, D. Burke, H. Elphick, and S. Tan, (2011). Respiration rate monitoring methods: a review, *Pediatr. Pulmonol.* 46(6), 523–529 (in English)
3. P. H. Charlton, T. Bonnici, L. Tarassenko, D. A. Clifton, R. Beale, and P. J. Watkinson, (2016). An assessment of algorithms to estimate respiratory rate from the electrocardiogram and photoplethysmogram, *Physiol. Meas.* 37(4), 610–626 (in English)
4. W. Karlen, A. Garde, D. Myers, C. Scheffer, J. Ansermino, and G. Dumont, (2015). Estimation of respiratory rate from photoplethysmographic imaging videos compared to pulse oximetry, *IEEE J. Biomed. Health Inform.* 19(4), 1331–1338 (in English)
5. F. Zhao, M. Li, Y. Qian, and J. Z. Tsien, (2013). Remote measurements of heart and respiration rates for telemedicine, *PLOS ONE* 8(10), e71384 (in English)
6. Peter H Charlton et al *Physiol. Meas.* 37 610 (2016). An assessment of algorithms to estimate respiratory rate from the electrocardiogram and photoplethysmogram (in English)

**УДК 681.325**

### БЕНЧМАРКІНГ АЛГОРИТМІВ МОНІТОРИНГУ ДИХАННЯ НА БАЗІ ВІДЕОКАМЕРИ

Р. С. Попадин, Р. А. Наконечний

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Бандери, 12., Львів, 79013, Україна  
popadynrs@gmail.com, rostyk.ws@gmail.com*

*Стаття представляє вибір технічних і програмних інструментів для організації вхідних та вихідних даних та порівняльного аналізу алгоритмів у ході запропонованого дослідження. Вона розкриває наявні переваги/недоліки та сфери застосування.*

**Ключові слова:** *моніторинг дихання, обробка сигналів, комп'ютерне бачення, відстеження об'єкта, реєстрація субпіксельного зображення, фільтрація.*

*Стаття надійшла до редакції 25.05.2017  
Received 25.05.2017*

УДК 614.842

## КЕРУВАННЯ КАНАЛОМ ЧОРНОЇ ФАРБИ В ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ КОЛЬОРОПОДІЛУ

Б.М. Ковальський<sup>1</sup>, Н.В. Занько<sup>1</sup>, Н.С. Писанчин<sup>1</sup>, М.В. Шовгенюк<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Українська академія друкарства<sup>2</sup>Інститут фізики конденсованих систем НАН України

*Розглянуто особливості дії різних механізмів заміни тріадних фарб чорною в процесі кольороподілу зображень. Побудовано експериментальні криві, що характеризують способи генерування чорної фарби при підготовці зображень для офсетного друку на крейдованому папері з використанням стандартних профілів ECI. Досліджено особливості заміщення ахроматичної складової тріадного синтезу у різних технологіях кольороподілу.*

**Ключові слова:** ахроматична складова кольору, точка білого, кольороподіл зображення, ISO 12647–2, колірний профіль, колориметричні вимірювання, друкарські фарби.

**Вступ.** При підготовці кольорових зображень до відтворення поліграфічним способом обов'язковим етапом є процес кольороподілу. Термін кольороподіл в класичній поліграфії застосовувався до процесу, що виконувався в аналогових фоторепродукційних фотоапаратах чи кольорокоректорах, де відбувався кольороподіл з півтонового кольорового оригіналу і, далі отримували три фоторепродукційні негативи чи позитиви кольорових фарб, а потім чотири – для голубої, пурпурної, жовтої та чорної друкарських фарб.

У сучасних цифрових технологіях під цим процесом розуміють перетворення інформації про яскравісні характеристики RGB-каналів файлів цифрових зображень в значення кількостей друкарських фарб, що будуть містити СМΥК-канали. Технологічні умови для здійснення кольороподілу визначаються вибором потрібних налаштувань для групи параметрів, які обов'язково необхідно визначати на додрукарській стадії опрацювання зображень.

Одним з важливих параметрів, які потрібно осмислено вибирати, орієнтуючись на сюжет та умови майбутнього друку зображення, є спосіб формування каналу чорної фарби.

Індивідуальні налаштування для конкретних умов друку містять профілі друкарських систем. У сучасному спеціалізованому програмному забезпеченні для створення профілів спеціаліст може вибрати налаштування методів кольороподілу з різним генеруванням чорного. Це варіант GCR (Gray Component Replacement/Заміна сірої компоненти) та UCR (Under Color Removal/Віднімання з-під чорного).

**Мета роботи.** Провести аналіз особливостей роботи різних алгоритмів заміни кольорових фарб чорною при кольороподілі зображень та дослідити можливості керування каналом чорної фарби.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Історично першим був метод UCR, суть якого розкрив у своїх працях вчений Дж. Юл [1,2], який вперше досліджував доцільність введення чорної фарби. За твердженням Дж.Юла, чорна фарба, як правило, додається до триколірної репродукції для збільшення максимальної щільності (Рис.1). При відтворенні зображення трьома фарбами часто втрачаються деталі в тінях. Щоб уникнути потемніння при максимальній кількості накладання чистих кольорів пропонувалося вводити чорну фарбу замість трьох кольорових для відтворення тих частин зображення, де є присутнім чорний колір. Тому метод отримав назву в технічній літературі «віднімання кольорових фарб з-під чорної».

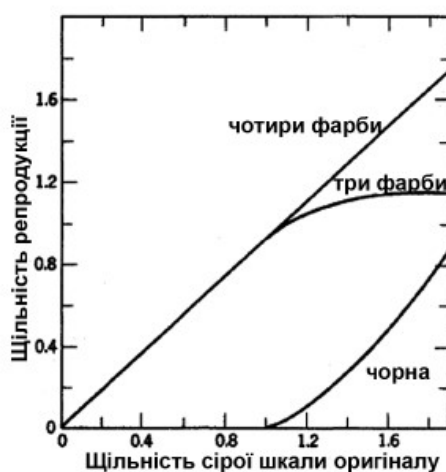


Рис.1. Відтворення сірої шкали на репродукції з використанням UCR [2]

В цифрових технологіях суть UCR полягає в частковій заміні трьох кольорових фарб тріади, присутніх в одному елементі кольорового оригіналу, на еквівалентну кількість чорної. У цьому випадку чорний канал буде містити контур зображення, що підкреслить лише глибокі тіні.

Метод заміни сірої компоненти (усі тріадні фарби, взяті в будь-яких рівних кількостях), є відносно новим, хоча ідея була вже досить давно (принаймні в теорії) [3]. Проте, реалізувати її у видавничих системах, що базувались на плівковій технології було проблематично. Сьогодні при кольороподілі користуються, як правило, методом GCR, що на відміну від UCR, дозволяє керувати рівнем генерування чорної фарби замість тріади по усій градаційній шкалі. Це забезпечує більш стабільний друкарський процес, економію кольорових фарб, збільшення загального контрасту ілюстрації за рахунок розширення інтервалу оптичних щільностей ахроматичних кольорів і т.д.

При підготовці зображень до друку у репродукційному процесі, де задіяна система керування кольором (CMS – Color Management Systems) [4], кольороподіл здійснюють з використанням відповідного профілю. Переважна

більшість спеціалістів використовує, так звані, стандартні профілі від ECI (European Color Initiative) [5]. Це табличні профілі, побудовані на основі даних колориметричних вимірювань тест-карт (Рис.2, для прикладу, IT8.7/4), надрукованих за стандартизованих умов, згідно ISO 12647-2 [6]. Як правило, це експериментальні дані інституту FOGRA (Німеччина) [7]. Тест-карти містять поля з різними комбінаціями значень відносних площ растрових елементів триадних фарб, що дає можливість описати різноманітні варіанти генерування чорного при побудові профілю.

Дещо узагальнюючи, можна сказати, що обирають той чи інший стандартний профіль за типом паперу, що буде використовуватись при друці конкретного тиражу. В таких профілях параметри генерування чорного вже прописані і є незмінними. Профілі, створені ECI, є у вільному доступі на сайті організації [5].

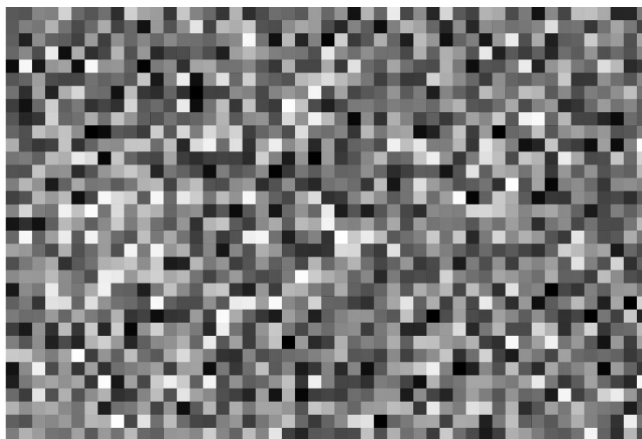


Рис.2. Тест-шкала IT8.7/4 на 1617 полів

Якщо на виробництві є можливість, то будують індивідуальний профіль за тест-картою з більшою кількістю полів (2-3 тис.), ніж містить IT8.7/4. Такий профіль буде точніше відображати кольоровідтворювальні властивості друкарської системи. Для цього знадобиться вимірювальний прилад, як правило, спектрофотометр, програмне забезпечення (програма-профілювальник), та додаткові кошти й затрати часу. У цьому випадку компетентний спеціаліст має можливість самостійно задавати генерування чорного на власний розсуд.

Є ще третій варіант для задання налаштувань кольороподілу, що будуть відповідати потрібним умовам друку. У меню Edit/Color Settings/Working space/Custom CMYK програми Adobe Photoshop є можливості для вибору індивідуальних параметрів кольороподілу цифрових зображень, але вони дещо спрощені у порівнянні з професійними програмами для створення профілів (наприклад, продукт компанії X-Rite програма i1Profiler). Також тут можна обрати потрібний варіант генерування чорного.

**Виклад основного матеріалу.** При підготовці кольорового зображення до друку, користувач, обираючи той чи інший спосіб кольороподілу, керується

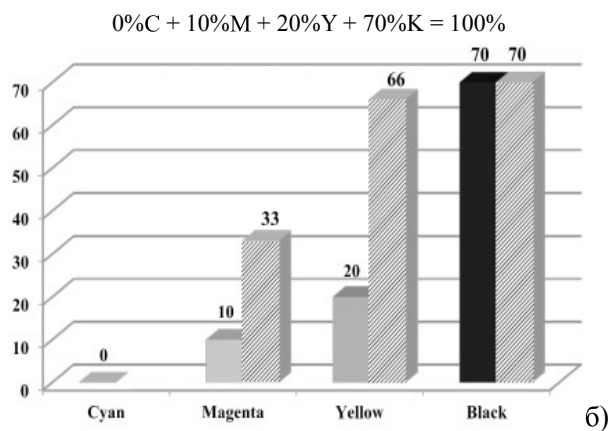
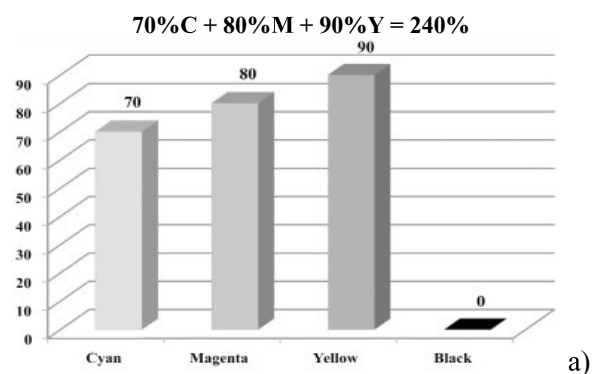
лише спрощеною моделлю, як правило, заснованою на припущеннях «ідеальних» фарб (рис. 3).

Подібні діаграми (рис. 3) часто зустрічаються в інформаційних джерелах, як наглядний приклад механізму заміни чорною фарбою ахроматичної складової кольору.

Для прикладу, колір задано відносними площами  $S_C = 70\%$ ,  $S_M = 80\%$ ,  $S_Y = 90\%$  (рис.3 а). Однак, якщо значення  $S$  цих фарб, підставити у аналітичні залежності (1), які описують перехід від  $R, G, B$  -координат до  $C, M, Y, K$  для ідеальних умов, то отримаємо результати, графічно представлені заштрихованими стовпцями (рис. 3б). Навіть, розраховані для ідеальних фарб значення, не узгоджуються з представленими на діаграмі. Отже, на рис.3 показано тенденцію формування каналу для чорної фарби, проте перерозподіл проміжних кольорів подано лише схематично.

$$K = \min \{(1 - R), (1 - G), (1 - B)\};$$

$$C = \frac{(1 - R - K)}{(1 - K)}; M = \frac{(1 - G - K)}{(1 - K)}; Y = \frac{(1 - B - K)}{(1 - K)}. \quad (1)$$



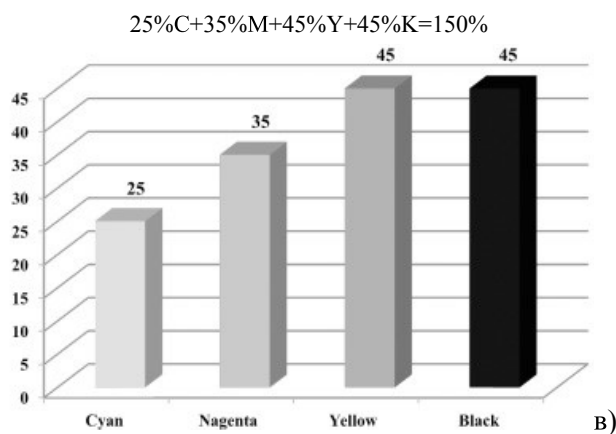
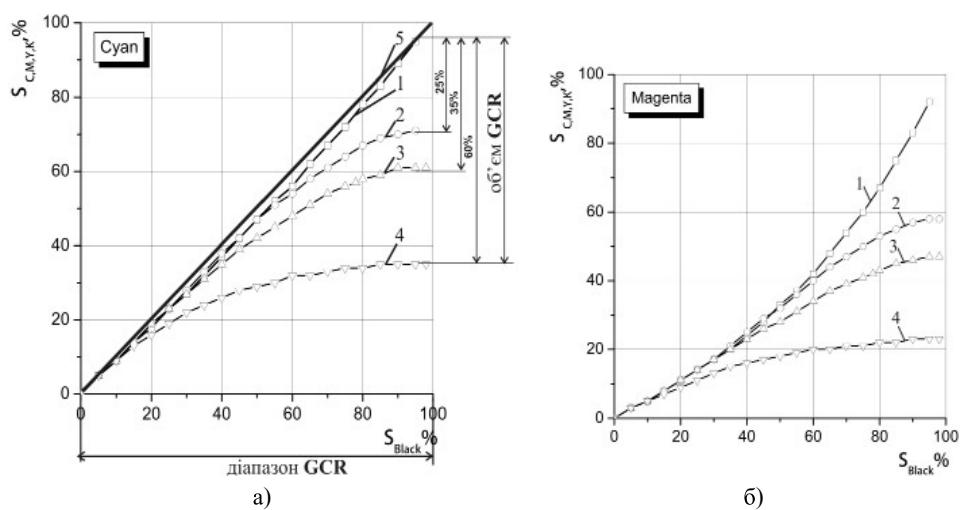


Рис.3. Приклади одержання кольороподіленого зображення а – Хроматична композиція; б – Ахроматична композиція (варіант 100% GCR) в – Ахроматична композиція з додаванням кольорових фарб г – Хроматична композиція з відніманням кольорових фарб UCR [8]

На рисунку 4 представлені експериментальні криві, що ілюструють процедуру роботи алгоритму GCR. Для дослідження використано програму Adobe Photoshop. Встановлено наступні параметри кольороподілу: колористика фарб Eurostandart (Coated), розтискування 9%, максимальна кількість фарб 300%. Змінювались режими генерування чорного при застосуванні методу GCR.



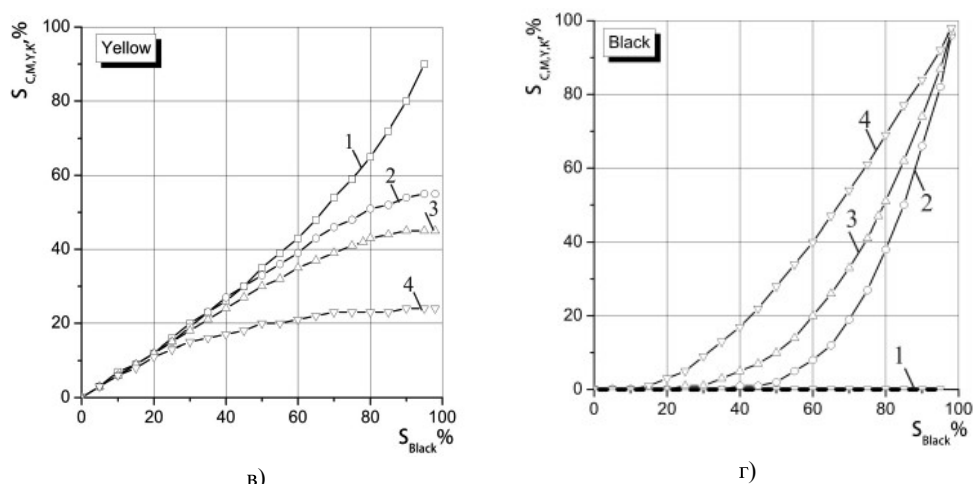


Рис. 4. Зміна відносних площ друкарських елементів ахроматичної складової триадного синтезу при різних об'ємах і діапазонах GCR а-голуба фарба, б-пурпурна фарба, в-жовта фарба, г-чорна фарба (1- none GCR, 2- GCR light, 3- GCR medium, 4- GCR heavy).

Отже, при кольороподілі зображення за методом GCR заміщення ахроматичної складової відбувається по двох параметрах: у різних об'ємах і у різному градаційному діапазоні.

При виборі способу light об'єм GCR становить ~25% і понижується до 0 у діапазоні від 100% і до 40%. До 40% при використанні цього способу сірі кольори передаються лише кольоровими фарбами, приблизно у рівних кількостях, згідно балансу за сірим.

Режим GCR medium (крива 3, рис. 4) забезпечує заміну кольорів тріади на чорну в об'ємі 35% в глибоких тінях, об'єм постійно знижується до півтонів і приймає до нуля у діапазоні від 100% до 25%.

Чорна фарба відсутня лише на ділянках, де відносна площа растрових крапок змінюється від 0% до 15% при застосуванні GCR heavy. У градаційному діапазоні 15-100% відбувається заміщення тріадної ахроматичної складової, що сягає об'єму 60%.

Варто зазначити, що криві 1 відповідають нульовому об'єму GCR по всьому градаційному діапазоні.

Представляє інтерес дослідити, в якому об'ємі і діапазоні відбувається заміна трифарбового ахроматичного кольору чорною при застосуванні стандартних профілів ECI для офсетного друку: ISO Coated v2 (ECI), ISO Coated v2\_300 (ECI), PSO Coated\_v3, згенерованих в програмі Color Tool від Heidelberg. Ці три профілі найчастіше застосовують у додрукарських відділах і в друкарнях для кольороподілу при підготовці зображень до друку на крейдованому папері.

Профілі описують умови друку за стандартом ISO 12647-2, що відповідають комерційному і спеціальному офсету, основна інформація про них подана в таблиці 1.

Таблиця 1

## Стандартні профілі ECI для офсетного друку

Назва профілю	Тип профілю	Експериментальні дані	Стандарт	Тип паперу	TAC, %	Maximum Black, %
ISO Coated v2 (ECI).icc	ECI offset	FOGRA 39L	ISO 12647-2:2004	Папір тип 1,2 крейдований глянцевої або матовий	330	95
ISO Coated v2_300 (ECI).icc		FOGRA 39L			300	95
PSO Coated_v3).icc		FOGRA 51	ISO 12647-2:2013	Преміум крейдований папір	300	96

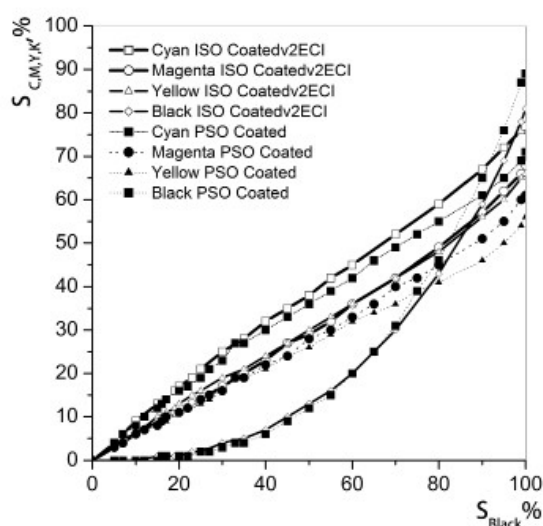


Рис. 5. Експериментальні криві заміщення кольорових фарб чорною за умови застосування профілів ISO Coated v2 (ECI) та PSO Coated\_v3

На рисунку 5 графіки, що побудовано за профілем ISO Coated v2 (ECI) ілюструють менший об'єм заміщення сірої компоненти по відношенню до кривих за профілем PSO Coated\_v3. Максимально чорний колір у цьому випадку генерується співвідношенням 88C,79M,67Y,95B. Такий результат є очікуваним, бо у ISO Coated v2 (ECI) значення максимальної кількості фарб (TAC) закладено на 30% більшим. Стартує чорна фарба в обох випадках одночасно. Колориметричні дані у обох профілів однакові, в чому легко переконались, порівнявши значення (characterization data) CMYK/CIE L\*a\*b\* таблиці IT8.7/4, за якими будувались профілі і які є вмістом теги TARG.

За графіками, представленими на рисунку 6 можна порівняти механізм генерування чорного, реалізований у різних профілях для крейдованого паперу ISO Coated v2\_300 (ECI) і PSO Coated\_v3. Значення максимальної кількості фарб і максимального відсотку чорної (параметр BIL) для цих профілів однакові і складають 300% і 95%, відповідно.



Криві, що відображають відтворення триадних фарб, практично співпадають по усьому градаційному діапазоні для версій профілю за редакціями стандарту 2004 і 2013 років, що демонструє однаковий об'єм заміщення. Єдина відмінність – генерування чорного у середніх тонах, де за актуальною нині редакцією стандарту, якій відповідає PSO Coated\_v3, буде мати менші значення, приблизно на 4-5%.

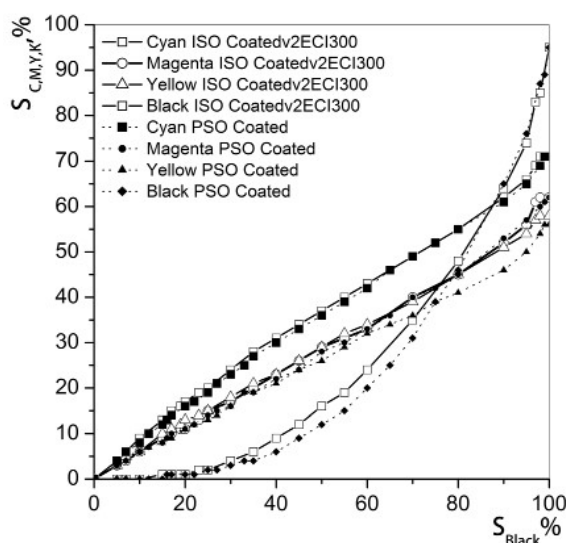


Рис. 6. Експериментальні криві заміщення кольорових фарб чорною за умови застосування профілів ISO Coated v2 300 (ECI) та PSO Coated\_v3

Щодо діапазону заміщення сірої компоненти, то він в обох випадках однаковий. Це досить пізній старт (рис.6) – заміщення триадних фарб відбувається з 30%. Максимально чорний в обох профілях закладено практично однаковим 79C,68M,58Y,95B.

Тому можна стверджувати, що саме за способом генерування чорного профілі ISO Coated v2\_300 (ECI) і PSO Coated\_v3 працюють однаково.

Тест-карти, що використовувались для колориметричних вимірювань при побудові профілів ISO Coated v2 (ECI), ISO Coated v2\_300 (ECI), PSO Coated\_v3 абсолютно однакові і містять 1617 полів з різними комбінаціями растрових елементів чотирьох фарб, щоб була можливість описати всі можливі варіанти генерування чорного при побудові профілю.

Потрібно відзначити, що результати кольороподілу за цими двома профілями в незначній мірі, але все ж різняться візуально. Але тут, очевидно, причина в тому, що ISO Coated v2\_300, побудований ECI у відповідності до стандарту ISO 12647-2 редакції 2004 року, а PSO Coated\_v3, редакції 2013 року, в якій відрізняються вимоги до колориметричних вимірювань, де обов'язковим є використання спектрального фільтру M1. Через це змінюються координати кольору паперу і фарб нового стандарту відносно старого. Це можна продемонстру-

вати, побудувавши колірні охоплення друку на крейдованому папері за умов Fogra 39 і Fogra 51 (Рис.7 а,б).

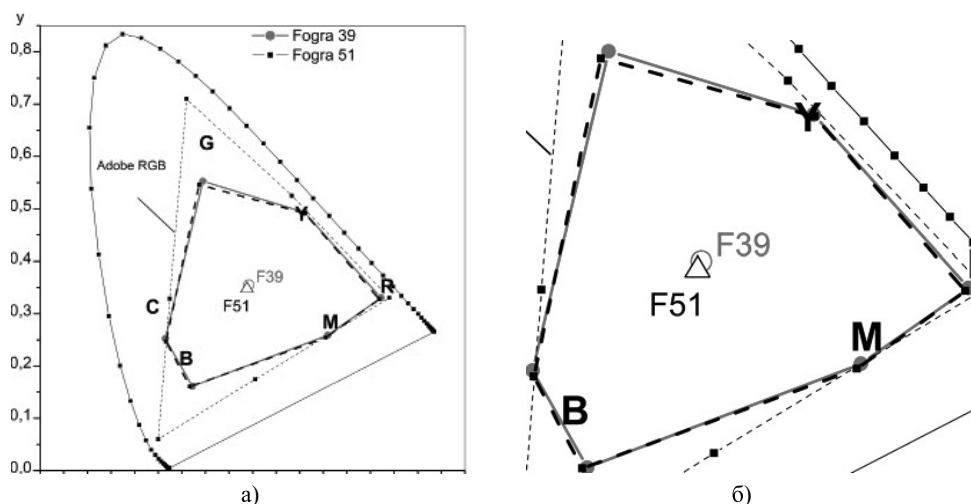


Рис. 7. Колірне охоплення та біла точка FOGRA 39 і FOGRA 51 на діаграмі CIE

На рисунку 7 видно незначний зсув шестикутника, що окреслює колірне охоплення профілю, за даними FOGRA 51 в зону синіх кольорів, відносно FOGRA 39. Білі точки також не співпадають. Для PSO Coated\_v3 – це 95,0/1,5/-6,0 в системі LAB, а для ISO Coated v2\_300 (ECI) – 95,0/0/-2,0. Саме цей характерний зсув дають заміри за фільтром M1.

Потрібно також згадати, що FOGRA 39 описує процес виготовлення друкарських форм CtF (computer to film), тоді як FOGRA 51 CtP (computer to plate).

При достатньому досвіді і компетентності спеціалісти будують свої профілі на основі стандартизованих вимірювань по стандартизованих тест-картах – профілі, побудовані по тих самих замірах, що і профілі ECI, але з власним генеруванням чорного, орієнтуючись на сюжет зображень. Це можна зробити, для прикладу, в спеціалізованому програмному забезпеченні від Heidelberg.

**Висновки.** Спеціалісти з підготовки цифрових зображень до друку використовують колірні профілі друкарських систем, як спосіб передбачити колір відбитку на додрукарській стадії. У кожен такий профіль закладено конкретні налаштування параметрів, що впливають на кольоровідтворення, в тому числі і визначений спосіб генерування чорної фарби. На основі експериментальних досліджень показано механізм керування каналом чорної фарби при переході до моделі СМУК та здійснено аналіз способів заміщення кольорових фарб чорною, закладених, у найбільш вживаних на виробництві, профілях ECI.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Yule, John A. C., Principles of Color Reproduction. Wiley, 1967, P 282.
2. Yule, John A C, Color correction and the black printer. 1949 TALI (TAGA) Proceedings, P 105 - 112.

3. Schudel W. GCR Guide (Poster) / Walter Schudel // Arlington, VA: Graphic Communications Association. – 1987. – P. 80-105..
4. Фрейзер Брюс. Управление цветом / Брюс Фрейзер, Крис Мэрфи, Фрэд Бантинг. – М. : Вильямс, 2006. – 560 с.
5. European Color Initiative [Электронный ресурс] / G. Hoffmann. – Режим доступа : <http://www.eci.org/en/start>
6. 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
7. FOGRA characterisation data for offset: International Color Consortium [б/а] [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.color.org/FOGRA.html>
8. Guideline for Prinect Image Control Prinect Color Solutions. Heidelberg Druckmaschinen AG, 2007 [б/а] [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.heidelberg.com>

#### REFERENCES

1. Yule, John A. C., (1967). Principles of Color Reproduction. Wiley, P 282. (in English)
2. Yule, John A C., (1949). Color correction and the black printer. TALI (TAGA) Proceedings, P 105 - 112. (in English)
3. Schudel W. (1987). GCR Guide (Poster) / Walter Schudel // Arlington, VA: Graphic Communications Association. — P. 80-105. (in English)
4. Frejzer Brjus. (2006). Upravlenie цветом / Brjus Frejzer, Kris Mjerfi, Frjed Banting. – М. : Vil'jams,– 560 s. (in Russian)
5. European Color Initiative [Электронный ресурс] / G. Hoffmann. – Режим доступа : <http://www.eci.org/en/start> (in English)
6. 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 (in English)
7. FOGRA characterisation data for offset: International Color Consortium [Electronic resource]. – Retrieved from <http://www.color.org/FOGRA.html> (in English)
8. Guideline for Prinect Image Control Prinect Color Solutions. Heidelberg Druckmaschinen AG, 2007 [Electronic resource]. – Retrieved from: <http://www.heidelberg.com> (in English)

UDC 614.842

#### CONTROLLING THE CHANNEL OF BLACK INK IN DIGITAL TECHNOLOGIES OF COLOUR SEPARATION

B. M Kovalskiy, N. V Zanko, N. S. Pysanchyn, M. V. Shovgenyuk

*Ukrainian Academy of Printing,*

*Institute for Condensed Matter Physics, National Academy of Sciences of Ukraine*

*The peculiarities of the various mechanisms of the replacement of triad colours by black in the process of colour separation of images have been considered. Experimental curves have been constructed that characterize the methods of*

*generating the black ink when preparing images for offset printing on coated paper using standard ECI profiles. The features of the replacement of the achromatic component of the triad synthesis in various technologies of colour separation have been researched.*

**Keywords:** *achromatic colour component, white point, colour separation of image, ISO 12647-2, colour profile, colorimetric measurements, printing inks.*

*Стаття надійшла до редакції 25.05.2017*

*Received 25.05.2017*