

УДК 655.255

Гуцько С.М., к.т.н, професор; Дубневич М.М., ст. викладач  
Українська академія друкарства

## КОЛЬОРОПОДІЛЬНІ НЕДОЛІКИ ЦИФРОВИХ ПІВТОНОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ЇХ ВИПРАВЛЕННЯ КОРИГУЮЧИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ

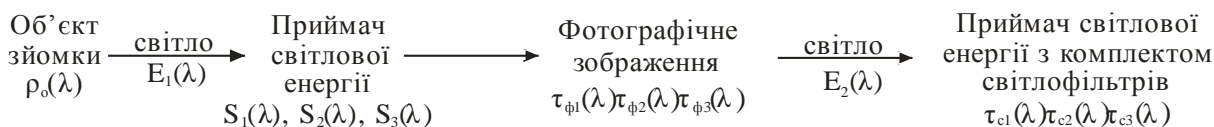
*Зроблено системний аналіз причин виникнення недоліків кольоровідтворення на кольорових півтонових зображеннях, існуючі засоби попередження їх виникнення та технології усунення. Доведено неспроможність існуючих технологічних рішень забезпечити належне усунення недоліків кольоровідтворення без додаткової втрати інформаційного змісту зображень. Описано розроблену технологію виправлення кольороподільних спотворень.*

Кольороподіл, недоліки кольоровідтворення, питомі ефективні щільності, системи управління кольором, сепаруючі середовища, корисний контраст, шкідливий контраст.

Якість кольоровідтворення цифрового зображення залежить від якісних та кількісних характеристик кольороподілених складових, що формуються при скануванні або у момент експонування цифровою фототехнікою. Згідно з дублікаційною теорією Н.Д. Ньюберга [1] для одержання точної копії кольорового зображення, треба провести ідеальний кольороподіл і кількісно точно відтворити кожне кольороподілене зображення, при умові, що спектральні характеристики барвників, які формують кольори оригіналу, відповідають спектральним характеристикам барвників, які формують кольори копії зображення (на моніторі КВС, кольоропробному та тиражному відбитках). Якщо припустити, що імовірність приведення у відповідність спектральних характеристик теоретично можлива, то можна ставити питання про ідеальне проведення процесу кольороподілу. Тому для виконання дублікаційної умови потрібно, щоб приймачі реєструючої системи (сканера чи цифрової фототехніки) змогли забезпечити однакову активність у всіх зонах спектра, а також ізоактивність ізохромних кольорів по кожній з фарб синтезу, а криві сканування – кількісно точно відтворення кольороподіленого зображення від мінімальної до максимальної величини. Тобто необхідно досягти ідеальних кольороподільних і градаційних характеристик кольороподілених зображень.

До поліграфічного репродукування надходять два види образотворчих кольорових оригіналів: у цифровій та аналоговій формі (на матеріальному носіїві). Інформаційний зміст останніх підлягає на першій стадії опрацювання перетворенню у цифрову форму, тобто відбувається їх сканування, у результаті якого отримують цифрову копію зображення.

Під час опрацювання аналогового півтонового оригіналу інформація про колір від об'єкта зйомки до цифрового зображення трансформується по наступних стадіях:



На об'єкт зйомки з певними спектральними характеристиками (здатність відбивати видимі зони спектру описується функцією  $\rho_0(\lambda)$ ), потрапляє випромінювання від джерела світла з розподілом енергії по зонах спектру  $E_1(\lambda)$ . Кожне джерело світла має особливий спектральний склад випромінювання, у якому у залежності від його колірної температури переважає та чи інша зона видимого спектру.

Відбитий і промодульований об'єктом зйомки світловий потік потрапляє на приймач світлової енергії – багатошарову фотоплівку, кожен шар якої сенсibilізований до однієї з трьох зон видимого спектру –  $S_1(\lambda), S_2(\lambda), S_3(\lambda)$  (спектральна світлочутливість кожного шару). У результаті дії світла та наступної хімічної обробки фотоматеріалу у шарах утворюється відповідна кількість барвника (окремі однофарбові зображення) з певними спектральними характеристиками, що описуються коефіцієнтами пропускання світлового випромінювання ( $\tau_{\phi_1}(\lambda), \tau_{\phi_2}(\lambda), \tau_{\phi_3}(\lambda)$ ). У випадку, якщо для отримання фотографічного оригіналу вико-

ристали не плівку з оберненням, то спектральні характеристики формуються не тільки під час безпосередньо фотографування, але і наступного негативно-позитивного процесу, що призводить лише до додаткового накопичення недоліків кольороподілу.

При наступному оцифруванні кольорового півтонового оригінала задіяне джерело світла скануючої техніки зі своїм спектральним розподілом випромінювання  $E_2(\lambda)$ . На приймач світлової енергії сканера (ПЗЗ чи ФЕП) потрапляє світлове випромінювання, спектральний склад якого залежить від коефіцієнту пропускання ( $\tau_\phi(\lambda)$ ) чи коефіцієнту відбивання ( $\rho_\phi(\lambda)$ ) фотографічного оригінала та коефіцієнтів пропускання трьох сепаруючих світлофільтрів ( $\tau_{c_1}(\lambda), \tau_{c_2}(\lambda), \tau_{c_3}(\lambda)$ ), встановлених перед світлочутливими приймачами.

Таким чином, ефективна щільність ділянки кольорового цифрового тонового зображення залежить від наступних факторів (1):

$$r = f(a) = f\left(\int_0^\infty \rho_0(\lambda) \cdot E_1(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \tau_\phi(\lambda) \cdot E_2(\lambda) \cdot \tau_c(\lambda) d\lambda\right) \quad (1)$$

Якщо спектральний склад випромінювання джерела світла сканера є досить збалансований, а спектральний склад джерела світла, при якому проводиться фотографування вдається компенсувати введенням відповідних домішок та фільтрів до складу фотографічних шарів, то спектральні характеристики барвників, що утворюються у фотографічних шарах, та світлофільтри, що застосовуються для сепарування одноколірних складових багатobarбового зображення особливо впливають на кольороподільні характеристики майбутнього цифрового зображення та наступної поліграфічної репродукції в силу своєї неідеальності. Усунути дію перелічених факторів (отримати барвник та світлофільтри з ідеальними спектральними характеристиками) виробникам поки що не вдалося (рис. 1 та 2).

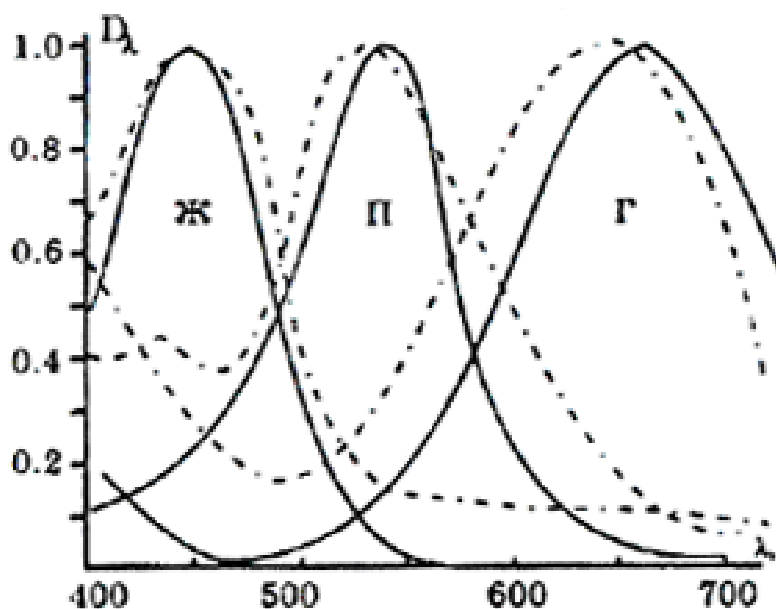


Рис. 1. Нормовані спектральні характеристики  $D_\lambda = f(\lambda)$  барвників кольорової позитивної фотоплівки типу KODAK-5384 (суцільна лінія) і барвників кольорового фотопаперу типу KODAK-2001 (штрих пунктирна лінія) [2]

У випадку, якщо оригінал надходить у поліграфічне репродукування зразу у цифровій формі (отриманий цифровим фотоапаратом), то колірні характеристики цифрового зображення залежать лише від спектральних характеристик об'єкта зйомки, джерела світла та сепаруючих середовищ:

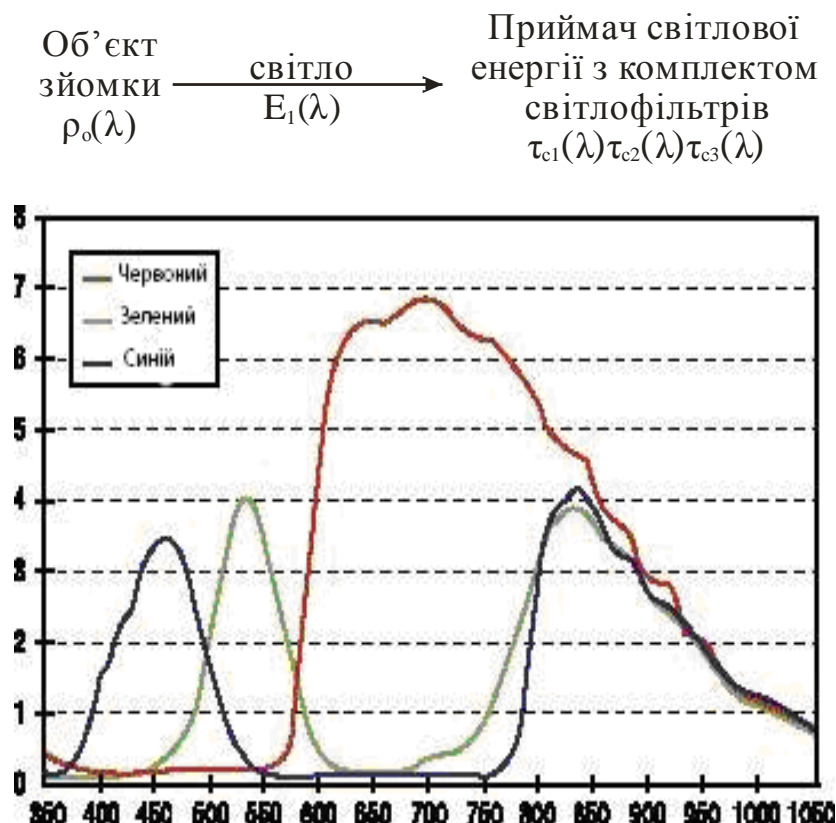


Рис. 2. Спектральні характеристики світлофільтрів, встановлених у ПЗЗ-матрицях Eastman Kodak

Ефективна щільність ділянки кольорової репродукції у цьому випадку визначається наступними факторами (2):

$$r = f(a) = f\left(\int_0^{\infty} \rho_0(\lambda) \cdot E_1(\lambda) \cdot \tau_c(\lambda) d\lambda\right) \quad (2)$$

Визначальну роль у цьому випадку при формуванні кольороподільних характеристик відіграють спектральні характеристики сепаруючих середовищ, які, як свідчать літературні джерела [7, 8] та практично отримані результати [5], далекі від ідеалу.

Якість сканованого зображення визначається багатьма факторами: тип сканованого оригінала, технічні можливості сканера, кваліфікація оператора, розмір оригінала, від якого залежить кратність збільшення, роздільна здатність сканування. Технічні можливості скануючої системи найбільшою мірою визначають якість поліграфічної репродукції і найменше підлягають коригуванню. Літературні джерела [6, 7, 8] подають різнопланову інформацію про технологічні та конструктивні особливості скануючих пристроїв. Зокрема описується здатність скануючої системи відтворювати дрібні деталі, діапазон оптичних щільностей (так званий, динамічний діапазон). Ці показники безумовно характеризують оптичну систему скануючого пристрою і визначають можливість його застосування для репродукування високохудожніх видавничих образотворчих оригіналів, однак не менш важливим фактором є реєстрування однофарбових складових повноколірного оригіналу скануючою системою. Це питання поки що мало досліджено.

Повний перелік факторів впливу на точність трансформування колірної інформації від оригінала до засобів поліграфічного репродукування зображено на причинно-наслідковій діаграмі (рис. 3).

Проведемо практичний аналіз кольороподільних характеристик, що формуються у процесі сканування прозорих та непрозорих оригіналів на деяких моделях сканерів та при експонуванні цифровою фототехнікою. Для дослідження кольороподільних та градаційних характерис-

тик зображень обрано два тест-об'єкти (модельні оригінали): діапозитивне фотографічне зображення на прозорій основі та на непрозорій основі, кожен з яких складається з семи ступеневих шкал – жовтої, пурпурної, голубої, червоної, зеленої, синьої та умовно сірої, а також ахроматичної шкали.

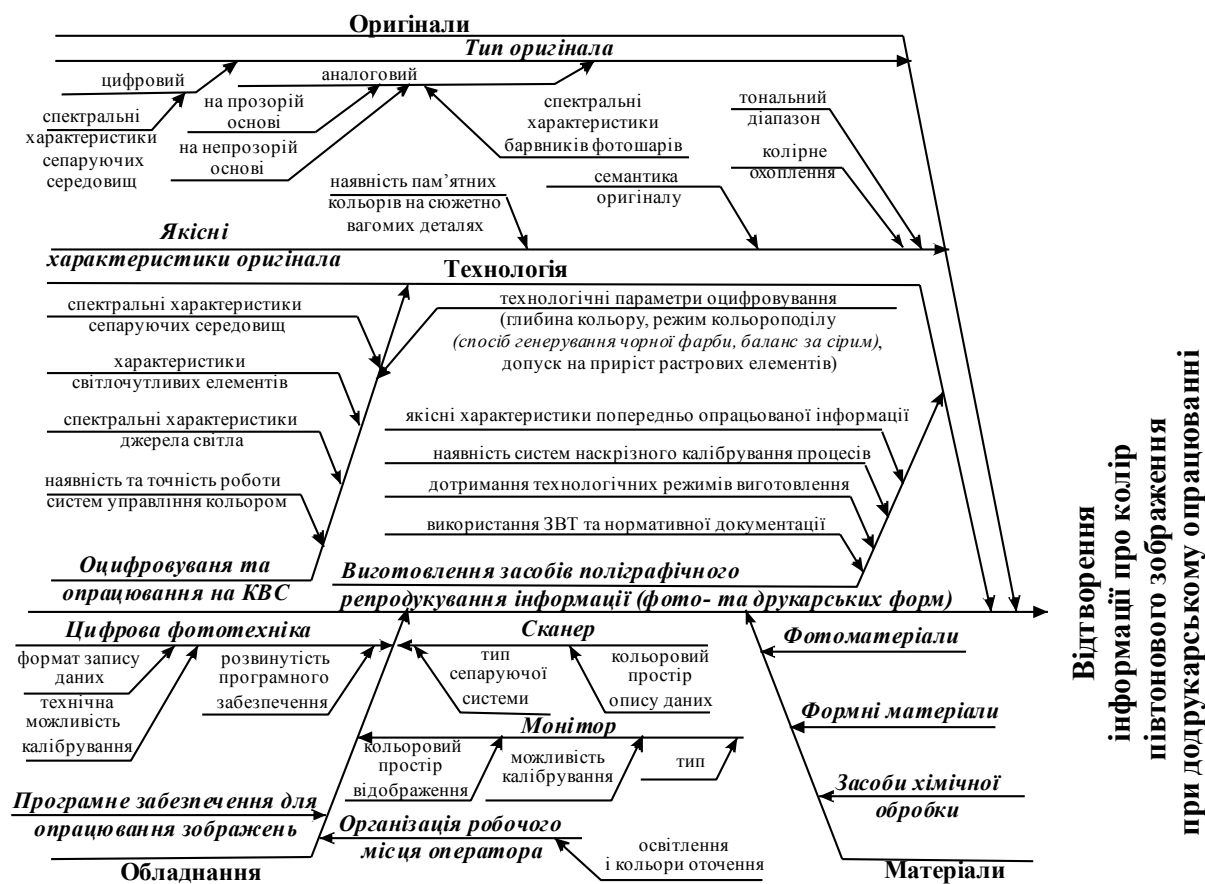


Рис. 3. Фактори впливу на точність трансформування колірної інформації від оригінала до засобів поліграфічного репродукування

Дані модельні оригінали сканувалися при однакових умовах на сканерах різних марок: Tango (Linotype-Hell), Power Look Pro II (Umax), Epson GT-9000 (Epson), QuickStep (Heidelberg), DuoScan (Agfa), SNAP SCAN e50 (Agfa) з одиничним градієнтом (без підвищення або зниження контрастності), без автоматичного коригування характеристик однофарбових складових, оскільки модельний оригінал є збалансованим по тональності зображенням, без переважання будь-якого з відтінків. Одночасно оригінал на непрозорій основі фотографували при однакових умовах освітлення (джерело TL'D/950 de Luxe (Phillips) з однаковими експозиційними параметрами двома моделями цифрової фототехніки FinePix S7000 (Fuji) та EOS-D20 (Canon), які обладнані різними типами світлочутливих матриць (ПЗЗ та КМОН).

По отриманих цифрових зображеннях оригінала згідно розробленої методики [9, 10] заміряли відносні величини активностей кожної зі шкал модельного оригіналу у трьох кольороподілених часткових зображеннях, які перевели у ефективні щільності і визначали питомі ефективні щільності за графічним відображенням кольороподільних характеристик отриманих зображень. Значення питомих ефективних щільностей зведено у таблиці 1 та 2 відповідно.

Порівняльний аналіз кольороподільних характеристик кольорових зображень, відсканованих на сканерах різних фірм, показав, що якісні характеристики суттєво відрізняються навіть при скануванні одного і того ж модельного оригіналу. Як бачимо, кольороподілені зображення окремих фарб поліграфічного синтезу мають різне відхилення від ідеального кольороподілу: питомі щільності по виділених кольорах не досягають одиниці, а по невиділених – вищі від нуля, тобто кожна із скануючих систем формує зображення з кольороподільними недоліками. Натомість при ідеальному кольороподілі повинна спостерігатися діаметрально протилежна залежність.

Проведені дослідження свідчать, що більш потужна оптична система, якою обладнуються сканери вищого професійного класу, як, наприклад, QuickStep (Heidelberg), забезпечує досить хороше відтворення градації та непогану реєстрацію виділених кольорів прозорих оригіналів. Однак навіть високоякісна оптика дорогого сканера не забезпечує достатньої селективності реєстрування, у результаті чого виникають шкідливі контрасти (надлишок фарби) по невиділених кольорах. Цього недоліку кольороподілу можна позбутися лише у процесі подальшого опрацювання зображення.

Скануючі системи нижчого класу (як, наприклад, SnapScan e50 фірми Agfa) через гірші характеристики оптичної системи формують зображення з кольороподільними спотвореннями по недостатній кількості фарби по виділених кольорах, а також з кольороподільними спотвореннями по надлишку фарби по невиділених кольорах через неізоактивність ізохромних кольорів. Таке зображення потребуватиме уже значно більшого обсягу коректури.

Таблиця 1

Питомі ефективні щільності цифрових зображень, отриманих на різних сканерах

Сканер, фірма-виробник, тип оригіналу	Однофарбові складові	Питомі ефективні щільності кольорових шкал					
		Ж	П	Г	Ч	З	С
<b>Tango</b> (Linotype-Hell) непрозорий оригінал	жовта	0,88	0,10	0,05	0,87	0,94	0,20
	пурпурна	0,05	0,86	0,25	0,90	0,30	0,92
	голуба	0,07	0,11	0,87	0,05	0,91	0,96
<b>Power Look Pro II</b> (Umax) непрозорий оригінал	жовта	0,85	0,05	0,05	0,94	0,95	0,09
	пурпурна	0,21	0,84	0,28	0,93	0,32	0,92
	голуба	0,18	0,25	0,78	0,25	0,91	0,94
<b>Epson GT-9000</b> (Epson) непрозорий оригінал	жовта	0,74	0,64	0,12	0,93	0,75	0,67
	пурпурна	0,08	0,86	0,38	0,90	0,38	0,96
	голуба	0,05	0,05	0,83	0,07	0,85	0,86
<b>QuickStep</b> (Heidelberg) непрозорий оригінал	жовта	0,64	0,24	0,08	0,60	0,64	0,27
	пурпурна	0,15	1,00	0,38	1,0	0,32	0,94
	голуба	0,11	0,03	0,64	0,05	0,64	0,74
<b>QuickStep</b> (Heidelberg) прозорий оригінал	жовта	0,99	0,44	0,39	1,0	0,93	0,0
	пурпурна	0,36	0,99	0,28	0,80	0,24	0,63
	голуба	0	0,16	0,99	0,18	1,0	0,99
<b>DuoScan</b> (Agfa) прозорий оригінал	жовта	0,70	0,23	0,16	1,0	0,91	0,13
	пурпурна	0,20	0,77	0,09	0,89	0,16	0,50
	голуба	0,28	0,37	0,79	0,26	0,97	1,0
<b>SNAP SCAN e50</b> (Agfa) прозорий оригінал	жовта	0,90	0,40	0,37	0,98	0,92	0,51
	пурпурна	0,36	0,91	0,37	0,93	0,36	0,70
	голуба	0,33	0,23	0,93	0,21	1,0	0,98

Таблиця 2

Питомі ефективні щільності зображень, отриманих цифровою фототехнікою з різними типами світлочутливих елементів

Модель, фірма-виробник, тип матриці	Однофарбові складові	Питомі ефективні щільності кольорових шкал					
		Ж	П	Г	Ч	З	С
<b>FinePix S7000</b> (Fuji) ПЗЗ-матриця	жовта	0,81	0,21	0,12	0,67	0,84	0,23
	пурпурна	0	0,68	0	0,68	0,14	0,7
	голуба	0,14	0,16	0,53	0,14	0,49	0,53
<b>EOS-D20</b> (Canon) КМОН-матриця	жовта	0,65	0,19	0,16	0,62	0,58	0,21
	пурпурна	0,12	0,65	0,19	0,70	0,18	0,62
	голуба	0	0,12	0,42	0,12	0,42	0,47

Кольороподільні характеристики цифрових зображень, отриманих фототехнікою з різними типами світлочутливих елементів теж далекі від задовільних. Як відомо, точність реєстру-

вання одноколірних складових цифрових зображень залежить від спектральних характеристик сепаруючих середовищ, встановлених у конкретній моделі фотоапарата. З технічних характеристик фотоапаратів відомо, що у них обох застосовується для відокремлення однобарвних складових масив світлофільтрів Байера, розташованих на елементарних світлочутливих осередках у певній послідовності. Ці світлофільтри подібні до світлофільтрів, що застосовуються у скануючій техніці, тому не дивно, що незалежно від типу світлочутливих елементів матриць велична кольороподільних спотворень практично однакова. Особливо суттєвим є недолік по недостатній кількості виділених кольорів.

Одним із засобів мінімізації кольороподільних спотворень є застосування у технологічному процесі репродукування кольорових тонових оригіналів систем управління кольором. Головне призначення останніх – внести корективи у опис реакцій світлочутливих елементів реєструючої ланки (сканер, цифрова фототехніка), систем візуалізації (монітор) та пристроїв виведення інформації про колір (принтер, фотовивідна техніка або друкарська техніка). Для побудови профілів відповідного обладнання застосовують тест-об'єкти, оптичні характеристики яких наперед відомі, та вимірювальну техніку.

Однак системи управління кольором все ще мають технологічні та технічні обмеження через ряд вагомих причин: необхідність поведіння багаточисельних вимірювань для побудови профілів, яке слід виконувати за рекомендаціями щонайменше раз у тиждень; висока вартість тест-об'єктів; відмінність у кольоровідтворенні тест-об'єктів та оригіналів, виготовлених на різних марках фотоматеріалів, що у свою чергу вносить неточності у роботу систем управління кольором; складність профілювання цифрової фототехніки через зміну умов освітлення при кожному фотографуванні, що дозволяє застосовувати створений профіль лише за даних умов експонування; трудомісткість та технічна складність кожного профілювання цифрової фотокамери.

Таким чином, кольороподільні спотворення присутні на цифрових півтонових зображеннях в силу описаних вище фізичних процесів та технічних обмежень застосовуваних технологій і вимагають відповідного опрацювання. Сьогодні стандартом для корекції недоліків тоно- та кольоровідтворення вважається програмне забезпечення від корпорації Adobe PhotoShope остання версія - CC 2014.

Одним із найбільш популярних засобів коректури у досліджуваному програмному продукті є опція «Levels...» («Рівні»). За допомогою цієї опції можна здійснювати тональну або кольорову коректуру. У першому випадку коректурний ефект слід застосовувати до зведеного зображення, а у другому – до одноколірного зображення, сформованого в одному з каналів: Cyan, Magenta, Yellow (впливаючи таким чином на контраст відтворення однофарбової складової).

Для ліквідації шкідливих контрастів та посилення корисних необхідно зменшувати та збільшувати вміст основних кольорів субтрактивного синтезу на однофарбових зображеннях. Результат виправлення недоліків кольоровідтворення на цифровому зображенні вказаним способом можна оцінити по матрицях кольороподілу: (3) – чистих кольорів, (4) – бінарних кольорів, складених з питомих ефективних щільностей.

$$\alpha = \begin{pmatrix} 1,0 & 0,35 & 0 \\ 0 & 0,78 & 0,17 \\ 0,03 & 0 & 0,70 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\beta = \begin{pmatrix} 0,97 & 1,0 & 0,59 \\ 0,84 & 0,25 & 0,75 \\ 0 & 0,77 & 1,0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

При ідеальному кольороподілі відповідні матриці матимуть наступний вигляд (5), (6):

$$(A) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$(B) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Степінь відхилення питомих ефективних щільностей від 1 або від 0 свідчить про певні спотворення, які можуть виникати як у процесі сканування та трансформації зображення з однієї кольорової системи в іншу, так і при неточній подальшій коректурі.

Матриці (3) та (4) доводять, що і після коректури недоліки кольороподілу обох типів ще присутні на зображенні (недостатня кількість пурпурної та голубої фарби по виділених кольорах та надлишок жовтої по невиділених). Таким чином можна стверджувати, що даний засіб коректури програми PhotoShop CC не забезпечує належної кольорової корекції і не дозволяє належним чином збалансувати кольори зображення. Практично аналогічний результат забезпечують інші коректурні засоби PhotoShope CC (Adobe), оскільки у їх роботи закладено градаційний принцип без урахування фізичного походження недоліків кольороподілу.

Метою розробки нової технології кольорокоректури є створення способу покращення кольоровідтворення комп'ютерних зображень, у якому корекція моделюється коригуючими зображеннями, які дозволяють усувати кольороподільні спотворення, у тому числі ті, що виникають у процесі сканування, незалежно від кваліфікації виконавця, що забезпечує стабільність результатів і спрощення процесу кольорокоректури. Поставлене завдання вирішується у способі покращення кольоровідтворення комп'ютерних зображень шляхом коригуванні кольоровідтворення цифрового кольорового зображення оригіналу у середовищі спеціалізованої програми опрацювання тонової графіки та за допомогою механізму регулюючого шару. Для цього триканальне кольорове зображення оригіналу розкладають на три одноканальні зображення і для кожного з них створюють новий шар, у який вводять коректуюче зображення і об'єднують його із коригованим зображенням, при нормальному режимі накладання і 50%-ій прозорості, після чого кориговані одноканальні зображення об'єднують у триканальне кольорове зображення. Для коригування зображення синього каналу застосовується 30%-не негативне зображення зеленого каналу, для коригування зображення зеленого каналу – 20%-не негативне зображення червоного каналу, для коригування зображення червоного каналу – 10%-не негативне ахроматичне триканальне зображення.

У запропонованому технічному рішенні внаслідок об'єднання зображення синього каналу і коригуючого, яким є інверсивне зображення зеленого каналу, усуваються кольороподільні спотворення по надлишку жовтої фарби по пурпурному, голубому і синьому кольорах; внаслідок об'єднання зображення зеленого каналу і коригуючого інверсивного зображення червоного каналу усуваються кольороподільні спотворення по надлишку пурпурної фарби по голубому і зеленому кольорах, а внаслідок об'єднання зображення червоного каналу і коригуючого інверсивного ахроматичного триканального зображення усуваються кольороподільні спотворення по надлишку голубої фарби по жовтому і пурпурному кольорах, у результаті чого підвищується чистота кольорів. Крім цього внаслідок зменшення контрасту по сірому і близьких до нього кольорах підвищується насиченість виділених кольорів на кожному однофарбовому зображенні.

Кольорокоректурний ефект виникає у цьому методі внаслідок суміщення одноколірних зображень зі шкідливими контрастами по певних кольорах з коректуючими інверсивними кольороподіленими зображеннями, сформованими у іншому кольороподіленому каналі, які містять корисні контрасти по цих кольорах. Таким чином суміщають нижчий за величиною шкідливий контраст одного кольороподіленого зображення та високий корисний контраст негативного кольороподіленого зображення для іншого каналу (фарби). Так, на позитиві жовтої фарби виникає шкідливий контраст по пурпурному. Кольороподілене зображення пурпурного каналу містить максимальну щільність по пурпурній шкалі. При суміщенні кольороподіленого зображення жовтої фарби (кориговане зображення) із кольороподіленим пурпурним негативним зображенням низького контрасту (коригуюче зображення), шкідливий контраст по пурпурному на коригованому зображенні знижується за рахунок перекриття щільностей. Аналогічно, пурпурне кольороподілене зображення містить шкідливий контраст по голубій шкалі, який знижується внаслідок суміщення цього зображення з низькоконтрастним інверсивним голубим зображенням, на якому наявна корисна щільність по голубому, яка і перебиває шкідливий контраст коригованого зображення.

У результаті проведення перелічених операцій кориговане зображення виправляється кольорокоректуючими зображеннями з наступними кольороподільними характеристиками, кутові коефіцієнти яких зведено у матрицю (7):

$$M = \begin{pmatrix} -0,016 & -0,23 & -0,16 \\ 0 & 0 & -0,082 \\ 0 & -0,025 & -0,034 \end{pmatrix} \quad (7)$$

По горизонталі (у рядках матриці) представлені ефективні щільності негативних коригуючих зображень для синьо-, зелено- та червоноканального зображень відповідно. Знак «-» означає, що зображення негативні.

Відкориговані одноканальні зображення об'єднують у триканальне і у результаті отримують кольорове зображення оригіналу з покращеним відтворенням кольорів. На зведеному відкоригованому зображенні піднімаємо контраст.

Кольороподільні характеристики зображення, коригованого трьома окремими коригуючими зображеннями за описаною методикою, наведено у матрицях кольороподілу (8), (9):

$$\alpha = \begin{pmatrix} 1,0 & 0,07 & 0 \\ 0 & 1,0 & 0,15 \\ 0 & 0 & 1,0 \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$\beta = \begin{pmatrix} 0,57 & 0,96 & 0,17 \\ 1,14 & 0,17 & 0,72 \\ 0 & 0,93 & 0,92 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Кольороподільні характеристики зображення, опрацьованого за описаною методикою, суттєво відрізняються від кольороподільних характеристик зображень, коригованих коректурними засобами програми PhotoShop CC (Adobe). Головна відмінність полягає у повній відсутності втрати деталей зображення у діапазоні високих та низьких щільностей. Це явище можна пояснити самим змістом коректурного ефекту розробленого методу, оскільки у ньому враховано природу походження недоліків кольороподілу, а не застосовується тональна коректура окремих кольороподілених зображень, яка призводить до спотворення градаційного змісту коригованого зображення.

Корисні контрасти по виділених кольорах при однофарбовому накладанні піднялися до 1,0 (8), у той час як на некоригованому зображенні лише пурпурне одноколірне зображення володіло таким високим корисним контрастом, а жовте та голубе зображення мали корисні контрасти на рівні 0,64. Шкідливі контрасти при однофарбовому накладанні суттєво знизилися: по деяких однофарбових кольороподілених зображеннях – до 0, по інших – до 0,07-0,15, що можна вважати задовільним кольоровідтворенням при реальному поліграфічному синтезі.

Ще одним позитивним моментом розробленого методу коректури є нормальний контраст коригованого зображення. Якщо при коригуванні звичними методами програмного продукту PhotoShop CC (Adobe) для усунення шкідливого контрасту слід було надмірно піднімати корисні контрасти (у деяких засобах – до 2,49-2,60), щоб одночасно позбутися шкідливих, то у новому методі коректури окремими кольорокоректуючими зображеннями корисні контрасти практично не перевищують одиниці.

Розглянемо матрицю кольороподілу бінарних накладань фарб (9). Як відомо, при ідеальному кольороподілі діагональні члени матриці повинні максимально наближатися до нуля, а недіагональні – до одиниці. На некоригованому зображенні лише вміст пурпурного по червоному та синьому кольорах задовольняв цим умовам: вміст виділеного кольору становив 1,04 та 0,94 відповідно, тоді як інші корисні контрасти досягали 0,60-0,74, що є недостатнім. У той же час шкідливі контрасти пурпурного по зеленому та жовтого по синьому становили 0,32 та 0,27 відповідно, тобто перелічені бінарні накладання насправді відтворювалися у три фарби, що суттєво забруднює (додає чорного) та спотворює їх яскравість та кольоровий тон.



При коректурі окремими засобами програми PhotoShop CC (Adobe) досягнути прийнят-ного кольоровідтворення по бінарних накладаннях фарб є надзвичайно важко. Практично жо-ден з досліджуваних засобів не дозволяє одночасно суттєво знизити шкідливі контрасти і під-няти корисні без необґрунтованого завищення корисних контрастів до 1,5 і більше. Навіть при такому суттєвому підвищенні контрасту, наприклад, при коректурі командою Color Balance (Кольоровий баланс) до 1,75 та 1,83 вмісту жовтого по червоному та зеленому кольорах, вміст жовтого по синьому залишається на рівні 0,33, у той час як суттєвий діапазон високих яскравос-тей втрачено, що особливо відчутно, оскільки людське око у цьому діапазоні володіє високою чутливістю.

При коректурі трьома кольорокоректуючими зображеннями немає жодних втрат інфор-мації по бінарних кольорах. Шкідливі контрасти знижені до 0 (вміст голубого по червоному) і до 0,17 (вміст пурпурного по зеленому та вміст жовтого по синьому) відносно вихідних контра-стів 0,05, 0,32 та 0,27 відповідно. Корисні контрасти вдалося суттєво підвищити, особливо вміст голубого по зеленому та синьому кольорах. Розроблена методика захищена декларацій-ним патентом на винахід: №42310. Україна. Спосіб покращення кольоровідтворення комп'ютерних зображень, автори Ференц М.І., Гунько С.М., Ференц М.М., Дудяк В.О. , опуб-ліковано у бюлетені №9, 2001.

#### **Висновки:**

1. Виникнення недоліків кольороподілу на етапі створення цифрового тонового зобра-ження неминує через недосконалість барвників кольорових фотоматеріалів та сепаруючих се-редовищ.

2. Системам управління кольором притаманні певні обмеження у застосуванні через тех-нічну складність реалізації.

3. Існуючі у графічному редакторі PhotoShop CC (Adobe) коректурні засоби не забезпе-чують повного усунення недоліків кольороподілу обох типів, що зумовлені неізоактивністю ізохронних кольорів, оскільки в основу їх роботи закладено градаційний зміст.

4. Розроблена технологія коректури із застосуванням коригуючих зображень забезпечує виправлення недоліків кольоровідтворення внаслідок суміщення одноколірних зображень із шкідливими контрастами з коректуючи ми інверсивними одноколірними зображеннями з кори-сними контрастами.

1. Ньюберг Н.Д. Теоретические основы цветной репродукции – [Текст] / Н.Д. Ньюберг. – М.: Советская наука, 1947. – 176 с.

2. Каныгин Н.И. Цветовоспроизведение изобразительной информации репродукционны-ми системами – [Текст] / Н.И. Каныгин. М.: Изд. МГУП «Мир книги», 1998. – 187 с.

3. Кольороподіл: книга не за сімома печатями. – [Текст] / «Палітра друку». – 1999. – №6. – С. 43-45.

4. Саутворт М. Технология цветоделения. – [Текст] / М. Саутворт. – М.: Книга, 1983. – 208 с.

5. Ференц М.І. Сканування та якість кольоровідтворення – [Текст] / М.І. Ференц, М.М. Ференц. – Наукові записки: наук.-техн. збірн. – 1999. – №1. – С. 37-39.

6. Айриг С. Сканирование. Профессиональный подход – [Текст] / С. Айриг, Э. Айриг – Мн.: ООО «Попурри», 1997. – 174 с.

7. Бочков К. Сканирование – это так просто. – [Електронний ресурс] / <http://www.osp.ru/pcworld/2000/11/155754/>.

8. Кистенев И. Профессия – сканер. – [Електронний ресурс] / [http://www.publish.ru/articles/200101\\_4042943](http://www.publish.ru/articles/200101_4042943)

9. Ференц М.М. Вплив параметрів субтрактивних координат на кольороподільні характе-ристики комп'ютерних зображень – [Текст] / М.М. Ференц. – Наукові записки: наук.-техн. збірн. – 2000. – №3. – С. 57-59.

10. Ференц М.І. Ефективна щільність оригіналу – міра кольоровідтворення комп'ютер-них зображень – [Текст] / М.І. Ференц, М.М. Ференц. – Комп'ютерні технології друкарства: збірник наукових праць – 2000. – №4. – С. 62-65.

11. Домасев М.В. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения [Текст] / – М.В. Домасев, С.П. Гнатюк. – СПб.: Питер, 2009. – 227 с.