

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Гур'єва Наталя Сергіївна

УДК 004.925.5 : 655.3.022.16

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ КОЛІРНИХ  
ДАНИХ У ВІДКРИТИХ ПОЛІГРАФІЧНИХ СИСТЕМАХ**

05.13.06 – інформаційні технології

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2010

## **Дисертацією є рукопис**

Роботу виконано в Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, доцент **Кулішова Нонна Євгенівна**, доцент кафедри інженерної та комп'ютерної графіки Харківського національного університету радіоелектроніки, м. Харків.

**Офіційні опоненти:** доктор фізико-математичних наук, професор **Шовгенюк Михайло Васильович**, проф., провідний науковий співробітник Інституту фізики конденсованих систем НАН України та професор кафедри технології додрукарських процесів Української академії друкарства, м. Львів

доктор технічних наук, професор **Шабанов-Кушнарєнко Сергій Юрійович**, провідний науковий співробітник кафедри програмного забезпечення ЕОМ Харківського національного університету радіоелектроніки, м. Харків.

Захист відбудеться “\_\_” \_\_\_\_\_ р. о \_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.08 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розісланий “\_\_” \_\_\_\_\_ р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради

І. П. Плісс

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Одним з важливих напрямків розвитку поліграфічної промисловості є інтеграція додрукарських, друкарських та післядрукарських технологій з використанням автоматизованої інформаційної системи управління поліграфічним підприємством. При цьому коректну спільну роботу пристроїв введення, відображення й виведення графічної інформації забезпечує модуль управління кольором інформаційної системи поліграфічного підприємства. Компоненти модуля управління кольором повинні вирішувати найбільш важливу частину завдання точного відтворення оригіналів, а саме організувати процес взаємодії пристроїв введення й виведення колірної інформації. Однак за рахунок широкого спектру охоплюваних пристроїв точність відтворення кольору є не для всіх завдань достатньою. Цей недолік виявляється вирішальним й приводить до істотних похибок при вирішенні деяких специфічних завдань поліграфічного синтезу – відтворенні фірмової символіки й реалістичних зображень із пам'ятними кольорами. Саме тому необхідна розробка інформаційних технологій перетворення колірних даних, а також методів побудови профілів пристроїв, щоб забезпечити точне відтворення кольору в поліграфічних системах.

При використанні модуля управління кольором в умовах відкритої поліграфічної системи виникає багато проблем, пов'язаних з узгодженням колірних охоплень, однаковою інтерпретацією кольору різними пристроями введення, відображення й виведення графічної інформації. Таким чином доцільним є дослідження моделей перетворення колірної інформації в комп'ютерних системах. Усі перетворення кольору в системі відбуваються за допомогою профілів введення, відображення та виведення, які є основними елементами системи управління кольором. При створенні математичної моделі трансформації колірної інформації з метою збільшення точності очікуваних результатів необхідно розглянути: різні методи інтерполяції, стиску колірного охоплення і урахування умов освітлення для формування профілів пристроїв. При цьому в якості критерію верифікації моделі доцільно використовувати точність відтворення кольору. Недостатня вивченість питань управління кольором пов'язана також зі складністю математичного опису всіх факторів, що впливають на кінцеве сприйняття колірної інформації зоровою системою людини.

Зазначеною проблемою кольоровідтворення успішно займаються вчені: G. Sharma, P. Green, M. D. Fairchild, С. М. Гунько, С. Ф. Гавенко, Б. В. Дурняк, О. М. Величко, М. Ф. Бондаренко, С. Ю. Шабанов-Кушнарєнко, Ю. С. Андрєєв, Ю. В. Кузнецов. На час початку виконання роботи низка важливих питань відтворення кольору у репродукційній системі була вивчена ще недостатньо. До них, зокрема, відносяться питання розробки загальної методології управління процесами перетворення кольору в умовах відкритої поліграфічної системи. Ще не в повній мірі досліджені методи формування колірних таблиць відповідності, що забезпечують зв'язок між апаратно-залежними та апаратно-незалежним колірними просторами, які б ураховували неоднорідності різних частин колірних охоплень пристроїв введення, відображення та виведення графічної інформації. Тому для точного відтворення кольору необхідно розробити методи побудови профілів пристроїв, моделі перетворення колірної

інформації, а також розробити інформаційні технології перетворення колірних даних на їх основі. У зв'язку з цим робота є актуальною та відповідає тенденціям світової науки, що і визначає перспективність як теоретичних, так і її практичних результатів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до тематичного плану науково-дослідних робіт Харківського національного університету радіоелектроніки в межах держбюджетних науково-дослідних тем: «Дослідження та розробка узагальнених моделей кольоровідтворення», шифр теми – 197-1, номер державної реєстрації № ДР0106U003291; «Синтез методів обробки інформації за умов невизначеності на основі самонавчання та м'яких обчислень», шифр теми – 214, номер державної реєстрації № ДР 0107U003028, де здобувач приймав участь як виконавець. В рамках тем розроблено модулі програмного забезпечення інформаційних технологій управління кольором для відтворення зображень, побудовано модель перетворення колірної інформації з урахуванням нестандартних умов сприйняття, досліджено та удосконалено існуючу методика оцінювання якості відтворення кольорових зображень.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка інформаційних технологій перетворення колірних даних для підвищення якості та ефективності функціонування поліграфічної системи.

Відповідно до поставленої мети, в дисертаційній роботі необхідно було:

- розробити модель перетворення колірної інформації з урахуванням фактичних умов перегляду готової поліграфічної продукції для отримання бажаних кольорів на відбитку;
- виділити у цільовому колірному просторі ділянки пріоритетного відтворення з метою підвищення точності репродукування під час побудови профілів кольоровідтворюючих пристроїв;
- класифікувати завдання поліграфічного синтезу у залежності від типу поліграфічної продукції та значущості точності відтворення різних ділянок колірного простору з метою підвищення якості репродукування;
- провести порівняльний аналіз підходів до характеристики пристроїв введення, виведення й відображення графічної інформації й розробити методи формування багатовимірних таблиць відповідності при побудові профілів пристроїв із метою зменшення похибки перетворення колірної інформації в репродукційній системі;
- формалізувати критерії оцінювання якості профілів пристроїв і розробити метод оцінювання якості кольоровідтворення як з позицій психологічної, так і колориметричної точності репродукування на основі інструментальних засобів;
- впровадити розроблені моделі та методи у інформаційні технології цифрової та екранної кольоропроб.

**Об'єктом дослідження** є процеси відтворення колірної інформації у поліграфічних системах.

**Предметом дослідження** є математичні моделі, методи та інформаційні технології перетворення колірних даних у відкритих поліграфічних системах під час виготовлення друкованої продукції.

**Методи дослідження.** Для аналізу проблеми перетворення колірної інформації в репродукційній системі використані методи системного аналізу. При розробці й

дослідженні математичних методів перетворення колірної інформації були застосовані методи регресійного аналізу, лінійної алгебри, математичного програмування. При формуванні багатовимірних таблиць відповідностей для встановлення зв'язку між апаратно-залежними сигналами пристроїв і апаратно-незалежними колірними координатами розглянуті методи апроксимації й інтерполяції даних. Для вирішення задачі класифікації при виділенні областей пріоритетного кольоровідтворення, оцінки значущості точності відтворення різних областей колірного простору залежно від мети репродукційного процесу, а також одержання допусків на кольоровідтворення пам'ятних кольорів були застосовані методи експертного оцінювання. Експериментальні дослідження засновані на застосуванні методів колориметрії й статистичної обробки інформації.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У результаті виконання дисертаційної роботи одержано такі нові результати щодо теоретичного опису процесів перетворення колірної інформації в репродукційних системах:

- *вперше запропоновано* метод формування багатовимірних таблиць колірних відповідностей профілів кольоровідтворюючих пристроїв для прямого відображення апаратно-залежного колірного простору до апаратно-незалежного на основі методу апроксимації даних сплайнами з урахуванням локальних неоднорідностей колірного простору й критерію точності перетворення, що дозволило зменшити похибку перетворення сюжетно-важливих і пам'ятних кольорів у інформаційних технологіях цифрової та екранної кольоропроб;

- *вперше запропоновано* комбінований метод зворотнього відображення апаратно-незалежного колірного простору до апаратно-залежних сигналів пристрою з урахуванням декомпозиції простору на області пріоритетного відтворення для формування багатовимірних таблиць колірних відповідностей профілів, що дозволило підвищити точність відтворення кольорів поліграфічних оригіналів у інформаційних технологіях цифрової та екранної кольоропроб;

- *знайшла подальший розвиток* модель перетворення колірної інформації у комп'ютерній видавничій системі, яка відрізняється від існуючих урахуванням фактичних умов освітлення готової поліграфічної продукції, що дозволило одержати адекватну екранну кольоропробу;

- *удосконалено* метод оцінки якості репродукування на основі колориметрії й експертного підходу, який на відміну від існуючих дозволяє враховувати як колориметричну, так і психологічну складову відтворення кольору та сприйняття його зоровою системою людини.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблені моделі та методи дозволяють реалізувати технологію пріоритетного кольоровідтворення, залежно від мети репродукційного процесу, що підвищує точність перетворення колірної інформації оригіналів та, відповідно, якість виробництва друкованих видань. Запропоновані моделі та методи перетворення колірної інформації створюють теоретичну базу для побудови ефективних програмних засобів управління кольором у видавничо-поліграфічних системах. Розроблені інформаційні технології побудови екранної та цифрової кольоропроби, а також оцінки якості репродукування,

впроваджені у виробництво на поліграфічному підприємстві ТОВ «Бурунін і К». Розроблені методи формування багатовимірних таблиць відповідності профілів кольоровідтворюючих пристроїв інтегровано в існуючу систему управління кольором у поліграфічній системі «комп'ютер – пристрій інтерпретації колірної інформації» на підприємстві ТОВ «Бурунін і К», що підтверджено відповідним актом про впровадження результатів дослідження.

Результати дисертаційної роботи були використані в навчальному та в науково-дослідному процесі на кафедрі Інженерної та комп'ютерної графіки Харківського національного університету радіоелектроніки МОН України.

**Особистий внесок здобувача.** Усі наукові результати дисертації одержані особисто автором. У роботі узагальнюються результати теоретичних і практичних досліджень автора в області управління кольором в умовах відкритих поліграфічних систем. Інші співавтори опублікованих праць брали участь у проведенні спільних досліджень, результати яких не використані у дисертації. У працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: у роботі [2] досліджено моделі та методи перетворення апаратно-залежних сигналів пристроїв до апаратно-незалежних координат *Lab*; у [3, 9] розроблено інформаційну технологію імітації кольорів відбитку для побудови цифрової кольоропроби; у [5] проведено порівняльний аналіз існуючих та запропоновано розроблені автором методи апроксимації даних при формуванні багатовимірних таблиць відповідності профілів кольоровідтворюючих пристроїв, які здійснюють пряме та зворотне відображення між апаратно-залежним та апаратно-незалежним колірними просторами; у [6, 23] – модель перетворення колірної інформації із урахуванням фактичних умов освітлення, яка дозволяє одержати прогнозовані кольори на відбитках; у [7, 24] – допуски на кольоровідтворення пам'ятних кольорів а також метод оцінювання якості відбитку; у [8, 26] – розробка інформаційної моделі процесу кольоровідтворення у поліграфічній системі; у [10, 18] – запропоновано стратегію оптимальної кольорокорекції в процесі підготовки образотворчих оригіналів для друку; [13, 14] – досліджено застосування методів інтерполяції при формуванні профілів та запропоновано метод погодження колірних охоплень при побудові профілів кольоровідтворюючих пристроїв; [16] – розроблено узагальнену модель процесу кольоровідтворення; [19] – запропоновано метод побудови профілю кольоровідтворюючого пристрою, який враховує мету репродукційного процесу та необхідну точність кольоровідтворення; [21] – розроблено метод перетворення колірної інформації, що дозволяє одержати психологічно точні відбитки; [25] – запропоновано метод побудови профілів кольоровідтворюючих пристроїв із врахуванням фактичних умов освітлення.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати роботи обговорювалися на наукових семінарах кафедри Інженерної та комп'ютерної графіки ХНУРЕ, на кафедрі Репродукування університету м. Вупперталь, Німеччина, а також були представлені на таких конференціях: 2-ому міжнародному радіоелектроному форумі «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» (Харків, 2005); 6-й, 7-й, 8-й та 9-й науково-технічних конференціях «Друкарство молодежи» ВПІ НТУУ «КПІ» (Київ, 2006, 2007, 2008, 2009); 2-й Міжнародній науковій конференції «Современные информационные системы. Проблемы и тенденции развития» (Туапсе, Росія, 2007); 7-й та 8-й міжнародних

науково-технічних конференціях «Проблемы информатики и моделирования» НТУ «ХП» (Харків, 2007, 2008); 40<sup>th</sup> Conference of the International Circle of Education Institutes for Graphic Arts: Technology and Management, Institute of Mechanics and Printing Warsaw University of Technology (Варшава, Польща, 2008); 41<sup>th</sup> Conference of the International Circle of Education Institutes for Graphic Arts: Technology and Management: conference abstracts. (Гент, Бельгія, 2009); P.D.P.Convention The First International Student Congress Devoted To Graphic Technologies. Printing, Design And Photography (Нові Сад, Сербія, 2008); Першій факультетській науково-практичній школі-семінарі «Информационные интеллектуальные системы. Бионика интеллекта» (Харків, 2008); 13-ому Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка і молодь в XXI столітті» (Харків, 2009); Міжнародній конференції студентів та молодих науковців «PRINT 2009» (Санкт-Петербург, Росія, 2009).

**Публікації.** За темою дисертації видано 26 науково-технічних публікацій: 8 статей (2 з яких опубліковано одноосібно) у виданнях, що внесено до переліку видань ВАК України, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата та доктора наук за спеціальностями «Технічні науки»; 18 публікацій у збірниках наукових праць, матеріалах, тезах доповідей міжнародних та вітчизняних конференцій, симпозіумах та форумах.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел, п'яти додатків. Робота викладена на 147 сторінках основного тексту, повний обсяг роботи становить 220 сторінок, й містить 38 рисунків та 29 таблиць.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації і дано оцінку сучасного стану проблеми на час початку досліджень, сформульовано мету і завдання роботи, наукову новизну і практичну цінність одержаних результатів, подано інформацію про особистий внесок автора, відомості про апробацію роботи, про публікації і структуру дисертації. Наведено дані про використання результатів проведених досліджень у навчальному процесі.

У **першому розділі** наведено огляд літератури за темою дисертації і аналіз досягнутого рівня якості кольоровідтворення у поліграфічних системах. Розглянуто існуючі автоматизовані інформаційно-управляючі системи поліграфічних підприємств та відзначено задачі перетворення колірної інформації та управління кольором, що розкриті ще недостатньо і потребують подальших досліджень.

Автоматизована інформаційна система управління поліграфічним підприємством є модульним програмно-апаратним комплексом до складу якого входить модуль управління кольором. До функціональних завдань модуля управління кольором можна віднести: забезпечення однозначної інтерпретації колірних даних при відображенні колірних характеристик оригіналу на різні колірні простори; здійснення колірних перетворень для забезпечення необхідної якості кольоровідтворення; мінімізація спотворень колірної інформації, які виникають за рахунок відмінностей в колірних охопленнях пристроїв, що беруть участь в процесі репродукування. Використання на

виробництві інформаційної системи допомагає налаштувати всі ланки виробництва друкованої продукції з метою забезпечення необхідної якості кольоровідтворення.

На сьогоднішній день системи управління кольором автоматизованих інформаційних систем налаштовані на вирішення широкого спектру завдань і забезпечують однакову точність відтворення всіх кольорів оригінала, що може приводити до помітних погрішностей в разі відтворення фірмової символіки, або реалістичних зображень з пам'ятними кольорами, де потрібна відмінна точність відтворення кольорів усередині колірною охоплення. Таким чином, необхідно детально дослідити процес репродукування із наступною модифікацією його із урахуванням технології цільового відтворення кольору.

**Другий розділ** присвячено обґрунтуванню й опису моделі перетворення колірної інформації у комп'ютерній видавничій системі, аналізу впливу різних факторів технологічного процесу додрукарської підготовки на точність перетворення кольорів оригіналу зображення.

Управління кольором є частиною більш загального процесу, у який входить процес калібрування усіх елементів репродукційної системи, створення й застосування профілів пристроїв введення, виведення та відображення графічної інформації, контроль процесу кольоровідтворення методами колориметрії. Для отримання якісної поліграфічної продукції необхідною є розробка методів, які забезпечують перетворення колірної інформації з високою точністю і швидкодію.

Сукупність операцій перетворення колірної інформації можна представити на узагальненій схемі процесу кольоровідтворення (рис. 1). Образотворчий оригінал в пристрої введення поелементно перетворюється в масив дискретних значень колірних характеристик – спочатку в просторі  $RGB$ , потім в  $Lab$ , що забезпечує узгодження з наступними етапами процесу кольоровідтворення й коректним виводом відбитка. При цьому спосіб визначення відповідності колірних координат апаратно-залежних і апаратно-незалежних просторів забезпечує точність перетворення колірної інформації.

З формальної точки зору процес перетворення колірної інформації у комп'ютерній видавничій системі може бути описано системною моделлю репродукційного процесу, яка містить множину характеристик, функцій і відображень, а також мету репродукційного процесу і може бути представлена у вигляді наступних співвідношень:

$$S = \langle X, O, v, \varepsilon, U, C, M, F, Q \rangle \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} X = F(O, v, U, C, M), \quad X = \{L_i, a_i, b_i\}_{i=1, \dots, m} \\ O = \{R_i, G_i, B_i\}_{i=1, \dots, n} \\ v = \{v_i\}_{i=1, \dots, k}, \quad v_i = \{\Phi_i^j, \Psi_i^j\}_{j=1, \dots, 3} \\ M = (M_1, M_2), \quad M_1 = \{\hat{X}_{m.\bar{o}}, \hat{Y}_{m.\bar{o}}, \hat{Z}_{m.\bar{o}}\}, \quad M_2 = \{\beta(\lambda_i)\}_{i=1, \dots, N} \\ C = (\tilde{C}, \bar{C}), \quad \bar{C} = (\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)), \quad \tilde{C} = \{C_j\}_{j=1, \dots, N}, \quad \text{де } C_j = \{S_i(\lambda)\}_{i=1, \dots, 34} \\ Q = P(X, X^*) \rightarrow \min_X \end{array} \right.$$





де  $X$  – координати елементів зображення, які характеризують відбиток;  $O$  – набір координат пікселів зображення, характеристики оригіналу;  $v = \{\Phi_i^j, \Psi_i^j\}$  профілі пристроїв, які задані набором відображень  $\Phi_i^j$  і  $\Psi_i^j$ , що здійснюють пряме й зворотнє перетворення між апаратно-залежним і апаратно-незалежним колірними просторами  $i$ -го пристрою для  $j$ -й мети передачі кольору;  $\varepsilon$  – похибка узгодження колірних охоплень;  $U$  – градаційні перетворення, кольорокорекція;  $C$  – умови перегляду поліграфічного продукту (спектральні характеристики та колірні координати точки білого випромінювача);  $M$  – характеристики фарби та паперу  $M = (M_1, M_2)$ ;  $F$  – оператор, що описує технологічний процес репродукування в поліграфічній системі;  $Q$  – оцінка якості кольоровідтворення. Метою репродукційного процесу є одержання прогнозованого кольору на відбитку, при цьому критерієм оцінки є колірна відмінність  $P$ , що визначається метрикою в апаратно-незалежному просторі  $Lab$ ,  $X^*$  – бажані значення  $Lab$  координат відбитка для заданого типу освітлення. Для досягнення поставленої мети в роботі запропоновано методи формування багатовимірних таблиць відповідності профілів кольоровідтворюючих пристроїв, які дозволяють одержати колірні відмінності в рамках допусків, як з позицій колориметричної, так і психологічної точності репродукування.

При підготовці поліграфічної продукції до друку слід враховувати, що споживач сприймає графічну інформацію в умовах діючих джерел освітлення, кількість яких надалі будемо припускати рівною  $N$ . На формування основних стимулів у зоровій системі людини при візуальному оцінюванні кінцевого поліграфічного продукту споживачем мають вплив такі фактори, як умови перегляду, а також характеристики фарби та паперу. До умов перегляду відносять: параметри освітлення  $\tilde{C} = \{C_i\}_{i=1, \dots, N}$ , обумовлені спектральним складом  $i$ -го джерела випромінювання  $C_i = \{S_i(\lambda)\}$ , де  $S_i$  – спектр фактичного джерела випромінювання у видимому діапазоні довжин хвиль  $\lambda = 380..720$  нм, та особливості сприйняття кольору зоровою системою людини – функції додавання  $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ , що визначають відгуки фоторецепторів стандартного спостерігача. До характеристик фарби та паперу відносять колірні координати точки білого носія  $M_1 = \{\hat{X}_{m.o.}, \hat{Y}_{m.o.}, \hat{Z}_{m.o.}\}$  й спектральні коефіцієнти відбиття  $M_2 = \{\beta(\lambda)\}$ , що залежать від характеристик поліграфічних фарб і відбивної здатності задрукованого матеріалу.

Незважаючи на розмаїття джерел освітлення, більшість використовуваних у промисловості випромінювачів стандартизовані Міжнародною комісією з освітлення. Але при порівнянні фактичних умов перегляду зі спектрами стандартних джерел випромінювання було встановлено, що реальні умови не відповідають стандартним. Тому моделювання перетворення колірної інформації з урахуванням фактичних умов освітлення є актуальним та надає можливість високоточної специфікації, контролю й репродукування кольору.

При розробці методу перетворення колірної інформації з урахуванням фактичних умов перегляду готової поліграфічної продукції встановлено, що від точності побудови профілю залежить коректність роботи системи управління кольором. Міжнародним консорціумом з кольору був прийнятий стандарт структури профілю. Основними елементами профілю є багатовимірні таблиці колірних відповідностей

(*CLUT*), які використовуються в процедурі інтерполяції модуля системи управління кольором для обробки масивів даних зображень. Профіль пристрою (рис. 2) визначає зв'язок між координатами кольорного простору пристрою *RGB* і апаратно-незалежними координатами *Lab* на основі тестової шкали, що представляє собою вибірку з кольорного простору пристрою.

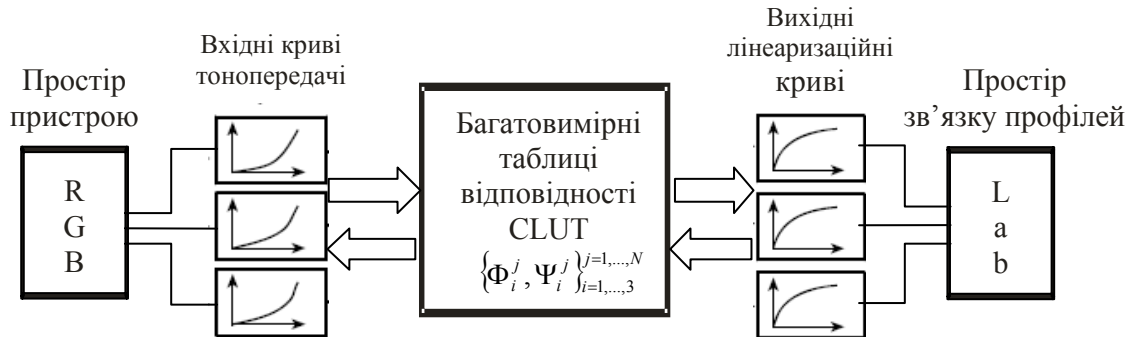


Рис. 2. Структурна схема профілю, що забезпечує пряме й зворотне перетворення кольорів пристрою та апаратно-незалежного простору.

В існуючому програмному забезпеченні при побудові профілів використовується стандартний освітлювач D50, спектр якого істотно відрізняється від фактичних умов перегляду, тому при заповненні таблиць відповідності профілю на етапі перерахування спектрів відбиття й обчислення апаратно-незалежних координат пропонується використовувати спектри фактичних умов освітлення  $\tilde{C} = \{C_i\}_{i=1, \dots, N}$ .

Урахування фактичних умов освітлення відбувається на етапі розрахунку *Lab* координат полів тестової шкали:

$$L = 116 \left[ f \left( \frac{Y}{\hat{Y}_{m.б.}} \right) \right] - 16, \quad a = 500 \left[ f \left( \frac{X}{\hat{X}_{m.б.}} \right) - f \left( \frac{Y}{\hat{Y}_{m.б.}} \right) \right], \quad b = 200 \left[ f \left( \frac{Y}{\hat{Y}_{m.б.}} \right) - f \left( \frac{Z}{\hat{Z}_{m.б.}} \right) \right], \quad (2)$$

де  $X, Y, Z$  – значення кольорних координат, отримані методом зважених ординат на основі вимірюваних спектрів відбиття:

$$X = k \sum_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \quad Y = k \sum_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \quad Z = k \sum_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \quad (3)$$

$$k = 100 / \sum_{\lambda} S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \quad \sum_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \Delta\lambda = \beta(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda, \quad (4)$$

де  $\sum_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \Delta\lambda$  – кожна ордината кривої  $\Delta\lambda$  визначається кроком виміру приладу й дорівнює 10 нм,  $S(\lambda)$  – спектр фактичних умов освітлення.

У роботі проведена класифікація фактичних умов перегляду залежно від типу спостережуваної поліграфічної продукції (рис. 3а). Експериментально були отримані спектри  $C_i = \{S_i(\lambda)\}$  штучних джерел освітлення в приміщеннях, що є вихідними даними при моделюванні (рис. 3б).

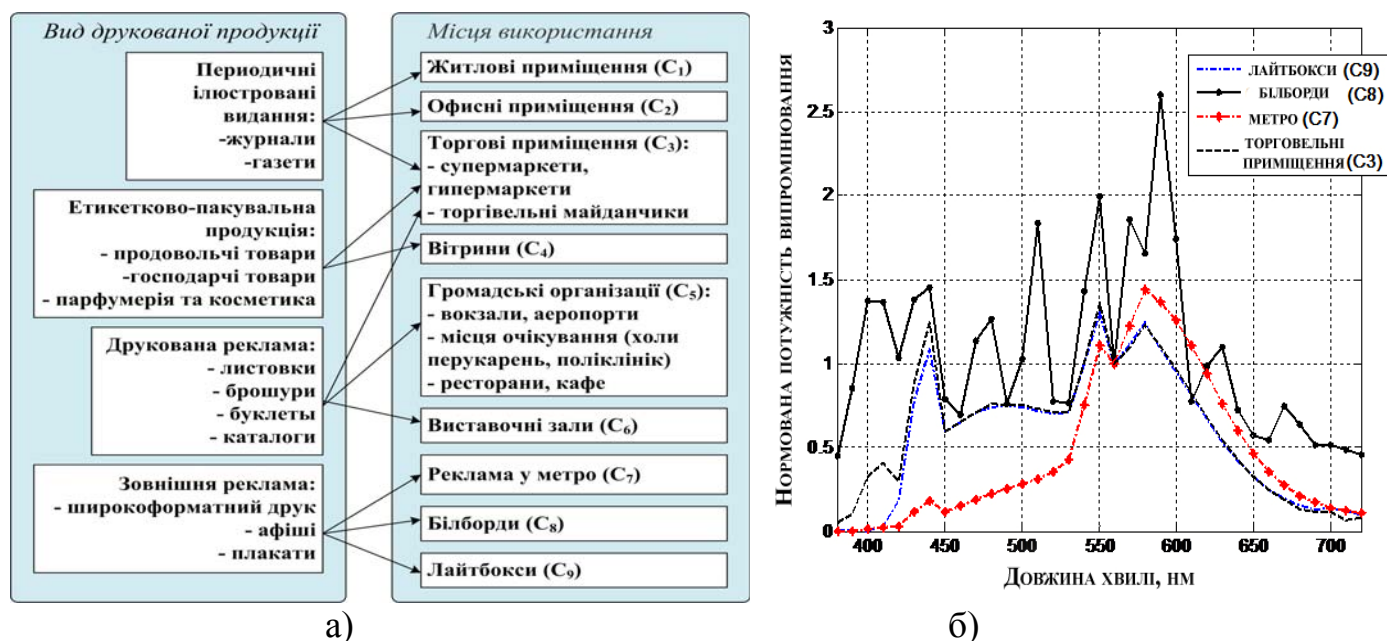


Рис. 3. Класифікація (а) і спектри (б) штучних джерел освітлення поліграфічної продукції.

Критерій точності апроксимації експериментальних даних аналітичною залежністю при формуванні багатовимірних таблиць відповідності визначено як

$$Q = P(X, X') \rightarrow \min_{X \in \Omega} \quad (5)$$

де  $P$  – колірна відмінність в заданому просторі, а  $X$  – вимірюваний набір координат тестової послідовності,  $X'$  – розрахункові значення.

З метою зменшення похибки перетворення колірних координат в областях пріоритетного відтворення в рівноконтрастному цільовому колірному просторі  $Lab$  було виділено наступні області:

$$Lab = \{L_i, a_i, b_i\}_{i=1, \dots, N}, \quad Lab = A_1 \cup A_2 \cup A_3 \cup A_4, \quad A_l \cap A_m = \emptyset, l \neq m. \quad (6)$$

$A_1$  – області пам'ятних кольорів: тілесні кольори, рослинної зелені й неба;  $A_2$  – ахроматичні кольори, оскільки людське око найбільш чутливе до змін кольору у відтінках сірого;  $A_3$  – вибірка кольорів на границі колірною охоплення. Вибірка складається з насичених кольорів, часто використовуваних при створенні фірмової символіки, а також відтінків чорного, які відповідають за деталі у глибоких тінях;  $A_4$  – кольори, що перебувають усередині колірною охоплення.

Тоді при прямому перетворенні  $\Phi: RGB \rightarrow Lab$  критерій (5) є зваженою сумою з урахуванням коефіцієнта значущості кожного компоненту:

$$P_{\Phi}(X, X') = k_1 \cdot \Delta E_p + k_2 \cdot \Delta E_a + k_3 \cdot \Delta E_o + k_4 \cdot \Delta E, \quad (7)$$

де  $\Delta E_p$  – середнє відхилення в областях пам'ятних кольорів  $A_1$ , де потрібне точне кольоровідтворення;  $\Delta E_a$  – середнє відхилення вибірки ахроматичних кольорів  $A_2$ ;  $\Delta E_o$  – середнє відхилення вибірки кольорів на границі колірною охоплення  $A_3$ ;  $\Delta E$  –

середнє відхилення між вимірюваними й розрахованими кольорами всього простору; коефіцієнти значимості  $k_1, k_2, k_3, k_4$ , які встановлюються групою експертів і залежать від мети репродукційного процесу.

У метричному просторі  $Lab$  колірну відмінність  $\Delta E_{00}^{12}$  (CIEDE2000) – відстань між двома зразками  $\{L_i^* a_i^* b_i^*\}_{i=1}^2$  визначено як:

$$\Delta E_{00}^{12} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H \cdot S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C \cdot S_C}\right) \cdot \left(\frac{\Delta H'}{k_H \cdot S_H}\right)}, \quad (8)$$

де  $\Delta L', \Delta C', \Delta H'$  – різниця між зразками за світлотою, колірним тоном й насиченістю;  $R_T$  – поворот колірного кута тону для усунення неоднорідностей сприйняття колірною розходження в області синіх кольорів;  $k_L, k_C, k_H, S_L, S_C, S_H$  – поправочні коефіцієнти, що залежать від положення зразків у колірному просторі  $Lab$ .

При зворотному перетворенні  $\Psi: Lab \rightarrow RGB$  критерій (5) розраховується як:

$$P_{\Psi}(X, X') = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N |R_j - R'_j| + \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N |G_j - G'_j| + \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N |B_j - B'_j|. \quad (9)$$

З метою підвищення точності перетворення колірної інформації в комп'ютерній видавничій системі, згідно з математичною моделлю (1), необхідно розробити методи формування багатовимірних таблиць відповідності профілю для прямого відображення колірною охоплення пристрою на апаратно-незалежний колірний простір і зворотного відображення апаратно-незалежного колірною простору на колірне охоплення пристрою на основі таблично-заданих функціональних залежностей.

Задача визначення залежності між сигналами  $RGB$  і значеннями  $Lab$  (рис. 4) для всіх каркасних точок таблиці відповідності може бути сформульована наступним чином: нехай визначено набір  $N$  тривимірних залежних від пристрою колірних зразків  $\{R_i, G_i, B_i\} \in RGB$ ,  $i=1, \dots, N$ , отриманих у процесі характеристики пристрою, і відповідний набір тривимірних незалежних від пристрою зразків  $\{L_i, a_i, b_i\} \in Lab$ ,  $i=1, \dots, N$ .

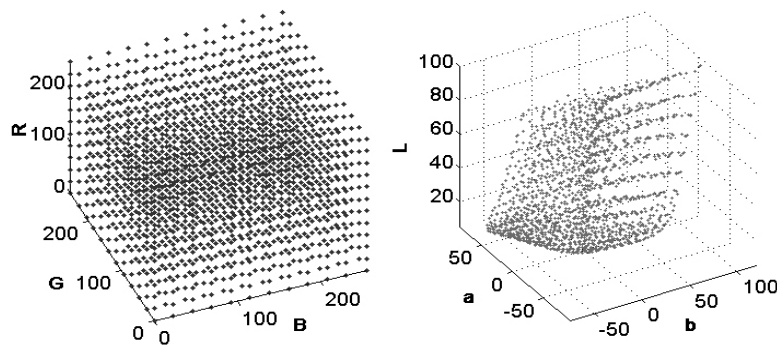


Рис. 4. Розташування значень координат полів тестової шкали в колірному просторі  $RGB$  і  $Lab$  відповідно.

Для оцінювання точності перетворення була використана тестова послідовність, що складається з 1728 полів, колірні координати яких розташовані між вузловими точками, а також 61 поле, що представляють вибірку наступних пам'ятних кольорів: тілесного, рослинної зелені, неба.

Необхідно знайти аналітичну залежність, що описує пряме перетворення  $\Phi: RGB \rightarrow Lab$  й зворотнє перетворення  $\Psi: Lab \rightarrow RGB$ :

$$\begin{cases} L = \varphi_L(R, G, B) \\ a = \varphi_a(R, G, B), \\ b = \varphi_b(R, G, B) \end{cases} \quad \begin{cases} R = \psi_R(L, a, b) \\ G = \psi_G(L, a, b). \\ B = \psi_B(L, a, b) \end{cases} \quad (10)$$

Для прямого перетворення  $\Phi: RGB \rightarrow Lab$  була вирішена задача апроксимації – на основі рівномірної сітки  $\{R_i, G_i, B_i\}_{i=1}^{1728}$  із кроком, рівним 23,  $(R_i, G_i, B_i) \in RGB$ , було сформовано рівномірну сітку *CLUT*-таблиці, що містить 35937 значень із більш дрібним кроком – 7,97. Для таблично-заданих функціональних залежностей було проведено порівняння ефективності застосування таких методів апроксимації як поліноміальна апроксимація, апроксимація за допомогою нейронних мереж, сплайн-апроксимація, інтерполяція сплайнами (у тому числі й лінійна), а також досліджене застосування згладжувальних сплайнів. Оптимальним за критерієм точності апроксимації (7) є застосування апроксимуючих *B*-сплайнів, з визначеними значеннями ступенів і числом кусків сплайну за напрямками. На основі методу апроксимації даних сплайнами з урахуванням локальних неоднорідностей колірному простору й критерію точності перетворення було запропоновано метод формування таблиць відповідності для прямого перетворення  $\Phi_i^j$ . Етапи методу приведені нижче:

1. Отримання початкової вибірки – вимірювання полів тестової шкали для побудови профілю пристрою  $\{\beta(\lambda_i)\}_{i=1, \dots, N}$ .

2. Розрахунок *Lab* координат полів тестової шкали  $\{L_j, a_j, b_j\}_{j=1, \dots, 1728}$ .

3. Вибір коефіцієнтів значущості  $k_1, k_2, k_3, k_4$  для розрахунку критерію точності апроксимації (7).

4. Вирішення задачі структурно-параметричної ідентифікації параметрів моделі (11), що реалізує відображення  $\Phi: RGB \rightarrow Lab$  за допомогою апроксимації *B*-сплайном від трьох змінних, який є тензорним добутком сплайнів кожної змінної  $R, G, B$  для формування таблиць відповідності:

$$\begin{cases} L(R, G, B) = \sum_{u_L=1}^{U_L} \sum_{v_L=1}^{V_L} \sum_{w_L=1}^{W_L} a_{u_L, v_L, w_L} \cdot B_{u_L, k_L}(R) \cdot B_{v_L, l_L}(G) \cdot B_{w_L, m_L}(B) \\ a(R, G, B) = \sum_{u_a=1}^{U_a} \sum_{v_a=1}^{V_a} \sum_{w_a=1}^{W_a} a_{u_a, v_a, w_a} \cdot B_{u_a, k_a}(R) \cdot B_{v_a, l_a}(G) \cdot B_{w_a, m_a}(B) \\ b(R, G, B) = \sum_{u_b=1}^{U_b} \sum_{v_b=1}^{V_b} \sum_{w_b=1}^{W_b} a_{u_b, v_b, w_b} \cdot B_{u_b, k_b}(R) \cdot B_{v_b, l_b}(G) \cdot B_{w_b, m_b}(B) \end{cases}, \quad (11)$$

де вихідні змінні  $L, a, b$ ;  $B_{u, k}, B_{v, l}, B_{w, m}$  – сплайни однієї змінної;  $k, l, m$  – ступінь сплайнів за напрямком  $R, G, B$ ;  $a_{u, v, w}$  – коефіцієнти моделі. Задача структурно-параметричної ідентифікації параметрів моделі вирішена методом NP-перебору.

На прикладі рекламної продукції, для формування таблиць відповідності  $\Phi_i^j$  визначено вигляд  $B$ -сплайнів, що дозволяє одержати наближення з мінімальним значенням комплексного критерію (7) – це апроксимуючі кубічні  $B$ -сплайни з різним числом кусків за кожним напрямком:  $L - 7$ ,  $a - 2$  і  $b - 4$ .

5. Розрахунок значень  $\{L_{lut}, a_{lut}, b_{lut}\}_{lut=1, \dots, 35937}$  та формування таблиці відповідності  $\Phi_i^j$  профілю кольоровідтворюючого пристрою.

Для зворотнього перетворення  $\Psi: Lab \rightarrow RGB$  вирішується більш складна задача побудови рівномірної сітки для таблично-заданих функцій  $R = \psi_R(L, a, b)$ ,  $G = \psi_G(L, a, b)$ ,  $B = \psi_B(L, a, b)$ . При цьому вихідні дані, нерівномірна сітка в апаратно-незалежному просторі  $Lab$ , утворюють тіло складної форми (рис. 5). Через різницю у формі кольірних охоплень лінійний перехід з одного кольорного простору в інший є неможливим. Тому математичні перетворення мають нелінійний характер і вносять істотні перекручування в процес репродукування.

Розташування точок (рис. 5) не дозволяє використовувати рівномірну сітку на всьому просторі. Тому було запропоновано використовувати методи локальної апроксимації даних при формуванні багатовимірних таблиць відповідності. Для цього на основі вихідних даних для прямого перетворення  $\Phi: RGB \rightarrow Lab$  була побудована густа сітка із кроком в 2 одиниці, далі весь простір було розбито на кілька частин для побудови більш гнучкої й точної аналітичної залежності перетворення кожної частини кольорного простору (6). Далі для кожної точки було знайдено прилеглі точки – околиці. Для локальної поліноміальної апроксимації даних при заповненні багатовимірних таблиць відповідності розглянуто лінійну, квадратичну, неповні квадратичну й кубічну регресійні моделі. Для пошуку коефіцієнтів моделі були використані: МНК, робастний алгоритм і метод рівномірного наближення.

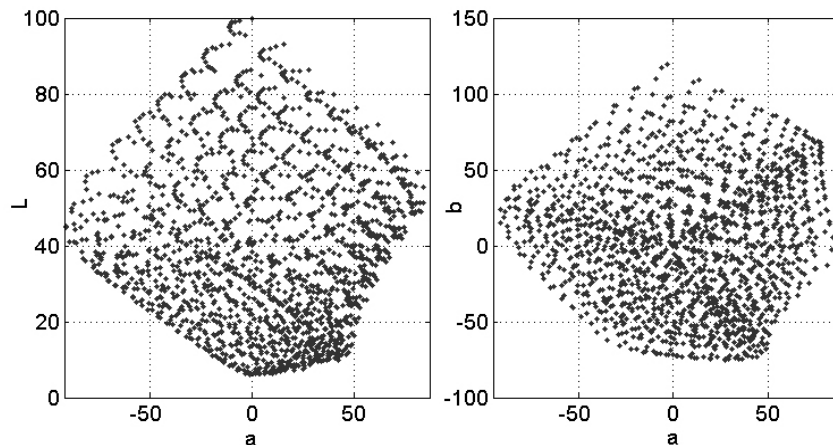


Рис. 5. Проекції вихідних даних на площині  $L$ - $a$  і  $b$ - $a$  у кольорному просторі  $Lab$ .

На основі аналізу похибок обчислення кольірних координат  $R^*G^*B^*$  різними методами було запропоновано комбінований метод формування таблиць відповідності для зворотнього перетворення, що дає можливість використовувати різні методи апроксимації для відповідних областей цільового простору, етапи методу формування  $CLUT$ -таблиць  $\Psi_i^j$  приведені нижче:

1. Отримання початкової вибірки – вимірювання полів тестової шкали для побудови профілю пристрою  $\{\beta(\lambda_i)\}_{i=1,\dots,N}$ .

2. Розрахунок Lab координат полів тестової шкали  $\{L_j, a_j, b_j\}_{j=1,\dots,1728}$ .

3. Розділ колірному простору на області пріоритетного відтворення кольорів (6) та вибір регресійної моделі за критерієм (9).

4. Вирішення задачі структурно-параметричної ідентифікації параметрів моделей, що реалізовує відображення  $\Phi: RGB \rightarrow Lab$  за допомогою методів рівномірного наближення, робастного та МНК. Детальна інформація використання методів локальної апроксимації при формуванні багатовимірних таблиць відповідності приведена у табл. 1.

Табл. 1. Методи локальної апроксимації даних.

<i>Область колірному простору</i>	<i>Регресійна модель</i>	<i>Метод ідентифікації параметрів моделі</i>
Пам'ятні кольори $A_1$	Неповна квадратична	Робастний
Ахроматичні $A_2$	Квадратична	Робастний
На границі колірному охоплення $A_3$	Неповна квадратична	Рівномірного наближення
Усередині колірному охоплення $A_4$	Неповна квадратична	МНК

5. Розрахунок значень  $\{R_{lut}, G_{lut}, B_{lut}\}_{lut=1,\dots,35937}$  та формування таблиці відповідності  $\Psi_i^j$  профілю кольоровідтворюючого пристрою.

Запропонований метод дозволяє зменшити похибку перетворення колірних координат із апаратно-незалежного у апаратно-залежний колірний простір і є необхідним для коректної побудови профілів кольоровідтворюючих пристроїв.

**У третьому розділі** розглянуто основні методи контролю, які дозволяють визначати якість продукції, оцінюючи точність передачі кольору. На сьогоднішній день допуски на кольоровідтворення для досягнення колориметричної точності репродукування регламентуються стандартом ISO 12647. Для оцінювання психологічної точності відтворення зображень застосовується лише візуальний контроль, що дозволяє одержати її якісні характеристики. Тому виникла потреба у розробці контрольної шкали для оцінки якості кольоровідтворення й одержання кількісних допусків відтворення пам'ятних кольорів для досягнення психологічної точності репродукування.

Першим кроком для оцінки якості відтворення кольору з позицій психологічної точності є виділення областей пам'ятних кольорів в апаратно-незалежному просторі Lab. Для характеристики кожної з областей була сформована репрезентативна вибірка тілесних кольорів, кольорів рослинної зелені та неба. Ці кольори використані для формування тестової шкали для кількісної оцінки якості кольоровідтворення з позицій психологічної точності. Для визначення допусків на відтворення основних пам'ятних кольорів був обраний метод експертних оцінок. Задачею експертів було визначення максимально припустимих відхилень координат Lab, при яких передача кольору для кожного з досліджуваних зображень залишається візуально-комфортною. При розгляді



зразків було дотримано основні умови проведення психофізичних експериментів: рівень освітлення, колір освітлення, умови оточення, тривалість сесії спостереження.

Таким чином, метод оцінки якості кольоровідтворення з позицій психологічної точності включає друк розробленої контрольної шкали та перевірку полів шкали на відповідність встановленим допускам. Дані цифрового файлу з координатами полів шкали  $L_{ci}, a_{ci}, b_{ci}$  порівнюються з даними спектрофотометричних вимірів відбитка шкали  $L_i, a_i, b_i$ , отриманого в процесі тиражування чи кольоропроби. Для кожного вимірюваного кольору поля шкали проводиться перевірка на належність еліпсоїду припустимих кольорів:

$$\frac{(L_i - L_{ci})^2}{s_{1i}^2} + \frac{(a_i - a_{ci})^2}{s_{2i}^2} + \frac{(b_i - b_{ci})^2}{s_{3i}^2} \leq 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (12)$$

де  $s_{1i}, s_{2i}, s_{3i}$  – напівосі еліпсоїда припустимих кольорів,  $L_{ci}, a_{ci}, b_{ci}$  - координати центра еліпсоїда,  $n$  - кількість полів шкали.

Якщо вимірювані координати  $L_i, a_i, b_i$  задовольняють нерівності (12), тобто належать еліпсоїду, ставиться оцінка про відповідність кольоровідтворення. Щоб одержати дані про відтворення всього колірному простору на відбитку можливо використовувати шкалу Ugra/Fogra-MediaWedge чи іншу шкалу, передбачену стандартом ISO, і допуски на кольоровідтворення з позицій колориметричної точності.

Застосування цих результатів у сполученні з даними для оцінки колориметричної точності в поліграфічному виробництві на етапі одержання кольоропроби чи накладу дозволяє здійснити контроль якості відбитків на основі кількісної оцінки психологічної і колориметричної точності репродукування.

**Четвертий розділ** присвячено оцінці ефективності розроблених моделей і методів перетворення колірної інформації. Визначено напрямки застосування розроблених методів: цифрова контрактна кольоропроба, імітація нестандартних умов освітлення під час побудови екранної кольоропроби, друк фірмової символіки, відтворення реалістичних зображень (цифрова фотографія).

Також у роботі наведено результати порівняльного аналізу запропонованих методів формування таблиць відповідності профілів кольоровідтворюючих пристроїв у зазначених вище задачах із аналогічними профілями, що побудовані із застосуванням широко розповсюдженого спеціалізованого програмного забезпечення для побудови профілів, та розглянуто інформаційні технології управління перетворенням колірних характеристик оригіналів на прикладі побудови екранної та цифрової кольоропроби.

## ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі розв'язано актуальну задачу перетворення колірної інформації: проведено моделювання процесу відтворення кольору при модифікації багатовимірних таблиць відповідності та умов сприйняття поліграфічної продукції. На основі аналізу результатів дослідження процесу кольоровідтворення одержано такі основні наукові та практичні результати:

1. На основі аналізу процесів перетворення інформації в поліграфічній системі розроблено модель процесу кольоровідтворення, яка включає структурно-параметричний та функціональний опис, містить множину характеристик, функцій та відображень, а також ціль репродукційного процесу, та проведено теоретичний опис процесів перетворення колірної інформації в комп'ютерній видавничій системі.

2. Розглянуто основні підходи до формування багатовимірних таблиць колірних відповідностей профілів пристроїв, а також запропоновано методи для прямого й зворотного відображення апаратно-залежного й апаратно-незалежного колірних просторів. Для оцінки точності кольоровідтворення використовувався критерій, що дозволяє виявити локальні неоднорідності колірного простору *Lab*. Була проведена декомпозиція простору *Lab* на області пріоритетного відтворення для формування багатовимірних таблиць колірних відповідностей, що дозволило зменшити похибку відтворення кольорів поліграфічних оригіналів. При порівнянні зі стандартним програмним забезпеченням для побудови профілів була отримана менша похибка перетворення колірних координат у процесі репродукування, що сприяє більш точній і прогнозованій передачі кольору на відбитку.

3. Дослідження реальних умов сприйняття поліграфічної продукції виявило, що реальні умови освітлення не відповідають стандартним. Отримані спектри освітлення житлових, торговельних та приміщень загального користування було використано для побудови профілів відображення та виведення з урахуванням фактичних умов освітлення. Запропоновано технологію побудови екранної кольоропроби, як більш оперативного та недорогого еквіваленту аналогової або цифрової кольоропроби. Даний підхід дозволить фахівцю з додрукарської підготовки на екрані монітору моделювати колір, який побачить споживач при розгляданні готового відбитку.

4. Визначено допуски на відтворення основних пам'ятних кольорів, таких як колір шкіри людини, колір неба та колір рослинності за допомогою методу експертного оцінювання. Розглянуто якість відтворення відбитків як із позицій психологічної так і колориметричної точності кольоровідтворення. Розроблена контрольна шкала для кількісної оцінки психологічної точності репродукування та метод оцінки якості кольоровідтворення. Застосування цих результатів у сполученні з даними для оцінки колориметричної точності в поліграфічному виробництві на етапі одержання кольоропроби чи накладу дозволить здійснити комплексний контроль якості відбитків на основі кількісної оцінки психологічної і колориметричної точності репродукування.

5. Для вирішення практичних завдань розроблено інформаційні технології перетворення колірних даних, а саме, цифрової та екранної кольоропроби, у поліграфічній системі з використанням профілів кольоровідтворюючих пристроїв.

6. Результати досліджень впроваджено на поліграфічному підприємстві ТОВ «Бурунін і К», що дозволило підвищити якість кольоровідтворення. Результати дисертаційних досліджень також впроваджено у навчальний процес Харківського національного університету радіоелектроніки.

7. Результати теоретичних і практичних досліджень дисертаційної роботи доцільно розвивати і використовувати в науково-технічних розробках і впровадженнях інформаційно-управляючих систем обробки колірної інформації.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Гурьева, Н. С. Обработка тестовых шкал для построения профиля ввода : зб. наук. пр. / Н. С. Гурьева // Системи обробки інформації. – Харків: Харківський університет повітряних сил ім. І. Кожедуба, 2007. – №8(66). – С.22-25.
2. Гурьева, Н. С. Модели преобразования аппаратно-зависимых данных RGB к цветовым координатам Lab : зб. наук. пр. / Н. С. Гурьева, П. Г. Романий // Технологія і техніка друкарства. – Київ: НТУ «КПІ», 2008. – №1(19). – С.23-28.
3. Гурьева, Н. С. Особенности построения контрактной цветопробы при работе с RGB-output устройствами : сб. научн. тр. / Н. С. Гурьева, Н. Е. Кулишова // Вестник национального технического университета «ХПИ». Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – №49. – С.42-50.
4. Гурьева, Н. С. Исследование влияния условий освещения на восприятие цвета : зб. наук. пр. / Н. С. Гурьева // Технологія і техніка друкарства. – Київ: НТУ «КПІ», 2008. – №1(19). – С.9-15.
5. Гурьева, Н. С. Сравнительный анализ методов аппроксимации данных для моделирования преобразования цветовой информации в издательских системах : зб. наук. пр. / Н. С. Гурьева, П. Г. Романий // Вісник Харківського національного університету. Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». – Харків: ХНУ, 2009. – №847. – С.139-149.
6. Гурьева, Н. С. Моделирование реальных условий просмотра при преобразовании цветовой информации в компьютерных издательских системах / Н. С. Гурьева, О. В. Драгомир, П. Г. Романий // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2009. – №3/2(39). – С.30-34.
7. Гур'єва, Н. С. Розробка допусків на кольоровідтворення пам'ятних кольорів і комплексна оцінка якості відбитка : зб. наук. пр. / Н. С. Гур'єва, О. В. Ковтун, П. Г. Романий // Комп'ютерні технології друкарства. – Львів: Українська академія друкарства, 2009. – №21. – С.213-225.
8. Гурьева, Н. С. Разработка информационной модели процесса цвето-воспроизведения в полиграфических системах / Н. С. Гурьева, Н. Е. Кулишова // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – №4(38). – С.73-78.
9. Гурьева, Н. С. Настройка системы управления цветом при построении цифровой цветопробы : зб. наук. робіт / Н. С. Гурьева, Н. Е. Кулишова // Управління розвитком. – Харків: ХНЕУ, 2008. – №15. – С.59-60.
10. Тимченко (Гурьева), Н. С. Исследование возможности оптимизации цветокоррекции на допечатной стадии / Н. С. Тимченко (Гурьева), Н. Е. Кулишова // 2-й Международный радиоэлектронный форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития», 19-23 сент. 2005 г. : сборник научных трудов МРФ-2005. Том 3. – Харьков, 2005. – С.314-317.
11. Гурьева, Н. С. Исследование условий освещения при рассматривании полиграфической продукции / Н. С. Гурьева // 6-та науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Друкарство молоде», квіт. 2006 р. : тези доповідей. – Київ, 2006. – С.70-74.

12. Гурьева, Н. С. Автоматизация обработки первичных данных при построении профиля сканера / Н. С. Гурьева // 7-ма науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Друкарство молоде», квіт. 2007 р. : тези доп. – Київ, 2007. – С.110-112.
13. Гурьева, Н. С. Применение интерполяции для формирования табличных профилей в системах управления цветом / Н. С. Гурьева, Н. Е. Кулишова // 2-я международная научная конференция «Современные информационные системы. Проблемы и тенденции развития»: тезисы докладов. – Харьков-Туапсе, 2007. – С. 251-252.
14. Гурьева, Н. С. Моделирование работы систем управления цветом по формированию и согласованию цветных охватов / Н. С. Гурьева, Н. Е. Кулишова // 7-я Международная научно-техническая конференция «Проблемы информатики и моделирования», 29 ноября – 1 декабря 2007 г. : тезисы докл. – Харьков, 2007. – С.28.
15. Гурьева, Н. С. Методы индексации LUT-таблиц при аппаратно-независимом цветопроизведении / Н. С. Гурьева // 8-ма науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Друкарство молоде», берез. 2008 р. : тези доповідей. – Київ, 2008. – С.76-78.
16. Gurieva, N. Generalized models in color reproduction / N. Gurieva, V. Tkachenko // 40<sup>th</sup> Conference of the International Circle of Education Institutes for Graphic Arts: Technology and Management, 7-11 October 2008 : conference abstracts. – Warsaw, 2008. – P.12.
17. Gurieva, N. Corresponding color in ICC-based color management / N. Gurieva // P.D.P. Convention, 11-12 November 2008 : proceedings. – Novi Sad, Serbia, 2008. – P.14-19.
18. Gurieva, N. Methods of color correction for minimization of color shifts / N. Gurieva, I. Gubnytska // P.D.P. Convention, 11-12 November 2008 : proceedings. – Novi Sad, Serbia, 2008. – P.9-13.
19. Гурьева, Н. С. Построение профиля выводного устройства для достижения заданной точности цветопроизведения / Н. С. Гурьева, Н. Е. Кулишова // 8-я Международная научно-техническая конференция «Проблемы информатики и моделирования», 26-28 ноября 2008 г. : тезисы докл. – Харьков, 2008. – С.21.
20. Гурьева, Н. С. Модели характеристики устройств ввода, вывода и отображения графической информации для формирования LUT-таблиц профилей / Н. С. Гурьева // Первая факультетская научно-практическая молодежная школа-семинар «Информационные интеллектуальные системы», 2-4 декабря 2008 г. : тез. докл. – Харьков, 2008. – С.132-133.
21. Гурьева, Н. С. Достижение психологической точности цветопроизведения в условиях открытой полиграфической системы / Н. С. Гурьева, О. В. Ковтун // Первая факультетская научно-практическая молодежная школа-семинар «Информационные интеллектуальные системы», 2-4 декабря 2008 г. : тез. докл. – Харьков, 2008. – С.124-127.
22. Гурьева, Н. С. Методы аппроксимации данных при моделировании цветопроизводящих характеристик устройств / Н. С. Гурьева // 9-та науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Друкарство молоде», березень 2009 р. : тези доповідей. – Київ, 2009. – С.72-74.
23. Гурьева, Н. С. Моделирование искусственного освещения в задаче построения экранной цветопробы / Н. С. Гурьева, О. В. Драгомир // Радиоэлектроника и

- молодежь в XXI веке: 13-й Международный молодежный форум, 30 марта – 1 апреля 2009 г. : тезисы докл. – Харьков, 2009. – С.401.
24. Гурьева, Н. С. Механизмы формирования и статистический анализ экспертных оценок в задаче определения допусков на цветовоспроизведение / Н. С. Гурьева, О. В. Ковтун // Международная конференция молодых ученых Print-2009, май 2009 г. : тезисы докл. – СПб, 2009. – С.118-119.
25. Гурьева, Н. С. Особенности построения LUT-таблиц профилей с учетом фактических условий освещения / Н. С. Гурьева, О. В. Драгомир // Международная конференция молодых ученых Print-2009, май 2009 г. : тезисы докл. – СПб, 2009. – С.116-117.
26. Gurieva, N. Information model of data transformation for color proof and printing / N. Gurieva, V. Tkachenko, N. Kulishova // 41th Conference of the International Circle of Education Institutes for Graphic Arts: Technology and Management, 13-18 October 2009 : conference abstracts. – Ghent, 2009. – P.10-11.

## АНОТАЦІЯ

**Гур'єва Н. С. Інформаційні технології перетворення колірних даних у відкритих поліграфічних системах. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2010.

У дисертаційній роботі проведено теоретичний опис процесів перетворення колірної інформації з урахуванням фактичних умов освітлення у репродукційній системі під час виготовлення друкованої продукції. Розроблено методи формування таблиць відповідності профілів кольоровідтворюючих пристроїв, що дозволяють одержати меншу похибку у процесі перетворення колірних координат графічної інформації. Для вирішення практичних завдань розроблено інформаційні технології цифрової та екранної кольоропроби у поліграфічній системі з використанням профілів кольоровідтворюючих пристроїв, створених за допомогою запропонованих моделей та методів.

Розроблено контрольну шкалу і допуски на кольоровідтворення пам'ятних кольорів з позицій психологічної точності, які у сполученні з даними для оцінки колориметричної точності дозволяють здійснити контроль якості відбитків в поліграфічному виробництві на основі кількісної оцінки психологічної і колориметричної точності репродукування.

**Ключові слова** – поліграфічні системи, модель перетворення колірної інформації, управління кольором, профілі кольоровідтворюючих пристроїв, методи формування багатовимірних таблиць відповідності, експертне оцінювання, оцінка точності репродукування.

## АННОТАЦИЯ

**Гурьева Н. С. Информационные технологии преобразования цветowych данных в открытых полиграфических системах. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Информационные технологии. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2010.

Диссертационная работа посвящена управлению цветом в полиграфической системе. За все преобразования цветовой информации в компьютерной издательской системе отвечает модуль управления цветом, обеспечивающий корректную совместную работу устройств ввода, отображения и вывода графической информации в рамках автоматизированной информационной системы управления полиграфическим предприятием. Компоненты модуля управления цветом должны решать наиболее важную часть задачи точного воспроизведения оригиналов, а именно организовать процесс взаимодействия устройств ввода и вывода цветовой информации. Однако за счет широкого спектра охватываемых устройств точность воспроизведения цвета остается примерно одинаковой и не для всех задач достаточной. Этот недостаток оказывается решающим и приводит к существенным погрешностям при решении некоторых специфических задач полиграфического синтеза – воспроизведении фирменной символики и реалистичных изображений с памятными цветами. Целью работы является разработка информационных технологий преобразования цветowych данных для повышения качества и эффективности функционирования полиграфической системы.

Объектом исследования являются процессы воспроизведения цветовой информации в полиграфических системах. Предметом исследования являются математические модели, методы и информационные технологии преобразования цветowych данных в открытых полиграфических системах при изготовлении печатной продукции.

Получены новые научные результаты: впервые предложен метод формирования многомерных таблиц соответствия для прямого преобразования аппаратно-зависимых координат к аппаратно-независимым на основе метода аппроксимации данных сплайнами с учетом локальных неоднородностей цветowego пространства и критерия точности преобразования, что позволило уменьшить погрешность цвето-воспроизведения сюжетно-важных и памятных цветов; впервые предложен комбинированный метод обратного отображения аппаратно-независимого цветowego пространства в аппаратно-зависимое с учетом декомпозиции пространства на области приоритетного воспроизведения для формирования многомерных таблиц соответствия профилей, что позволило повысить точность воспроизведения цветов оригиналов в информационных технологиях цифровой и экранной цветопроб; получила дальнейшее развитие модель преобразования цветовой информации в компьютерной издательской системе, которая в отличие от существующих учитывает фактические условия освещения, что позволило получить адекватную экранную цветопробу; усовершенствован метод оценки качества цвето-воспроизведения на основе колориметрии и экспертного подхода, который в отличие от существующих, позволяет учесть как колориметрическую, так и психологическую составляющую цвето-передачи.

В диссертационной работе проведено теоретическое описание процессов преобразования цветовой информации с учетом фактических условий освещения в компьютерной издательской системе. Предложены методы формирования таблиц соответствия профилей цветовоспроизводящих устройств, что позволяют получить меньшую погрешность в процессе преобразования цветковых координат изображений. Предложены технологии проведения цифровой и экранной цветопробы. Также разработан метод согласования цвета, сформированного цветопробным устройством и печатной машиной, путем использования системы управления цветом в части прогнозирования цветов печатного процесса.

**Ключевые слова** – полиграфические системы, модель преобразования цветовой информации, управление цветом, профили цветовоспроизводящих устройств, методы формирования многомерных таблиц соответствия, экспертное оценивание, оценка точности репродукции.

## ABSTRACT

**Gurieva N. S. Information technologies of color data transformations in the printing systems. – Manuscript.**

Dissertation for a candidate of technical science (Ph. D.) degree in speciality 05.13.06 – Information technologies. – Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 2010.

The thesis focuses on development of color information transformation model which take into account actual conditions of illumination in the color reproduction systems. The methods of forming the multidimensional color look-up tables of color imaging devices are proposed, which allows to reduce error during the process of transformation of color coordinates of images within the reproduction process. Technologies of digital and soft color proofs are proposed. The method of matching of color, formed by a color proof device and printing equipment by means of color management system is also developed which allows to obtain predictable colors in printing process.

The problem of quality assurance of color reproduction of prints is also considered. It has been developed the control scale for the quantitative estimation of reproduction psychological accuracy tolerances. It has been defined the tolerances for the reproduction of the main memorable colors such as color of the human skin, color of the sky and the grass by means of expert evaluation. The method of an estimation of quality of the color reproduction, including the estimation of colorimetric and psychological accuracy, is developed.

**Keywords** – printing systems, model of transformation of color information, color management, profiles of color reproduction devices, methods of creating of multidimensional color look-up tables, expert evaluation, estimation of quality of a color reproduction.