

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЦИФРОВИХ ПІВТОНОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Дубневич М.М.

к.т.н., доцент кафедри мультимедійних технологій, ПІМТ
НУ «Львівська Політехніка»

Сельменська З.М.

к.т.н., доцент кафедри мультимедійних технологій, ПІМТ
НУ «Львівська Політехніка»

***Анотація.** Багато з показників якості поліграфічної репродукції закладаються на додрукарському етапі опрацювання інформаційного змісту образотворчих оригіналів. Проведення об'єктивного вхідного та операційного контролю якості забезпечує отримання якісного продукту. У статті сформульовано чіткий перелік показників якості цифрового фотозображення та представлено розроблену авторами методику їх оцінювання.*

***Ключові слова:** ЦИФРОВА ФОТОГРАФІЯ, ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ, ЯСКРАВИСТЬ, ГРАДАЦІЙНИЙ ЗМІСТ, КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ, СТРУКТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ЦИФРОВИЙ ШУМ, РІЗКІСТЬ, КОНТРАСТ.*

Вступ

На тлі постійного удосконалення техніки та програмного забезпечення зростають і вимоги до видавничої та поліграфічної продукції. Якість продукції, зокрема поліграфічної, є визначальною умовою конкурентоздатності на внутрішньому та зовнішньому ринках. Високий рівень сучасної поліграфічної техніки, новітні технології, широкий асортимент поліграфічних матеріалів вимагають запровадження на виробництві комплексних систем контролю якості виконання технологічних операцій та готової продукції, систем автоматизованого управління процесом забезпечення якості на етапах додрукарського, друкарського та післядрукарського виробництва з використанням відповідного програмного забезпечення.

Нормативні вимоги до якості поліграфічної продукції встановлюються через призму особливостей зорового сприйняття інформації споживачем, з урахуванням особливостей мислення людини та здатності запам'ятовувати необхідну інформацію. Поліграфічну продукцію характеризують особливі риси, пов'язані з властивостями засобів масової комунікації, їх широкою номенклатурою та різноплановим призначенням, оскільки частина поліграфічних виробів безпосередньо споживається покупцем (книга, журнал, газета та ін.), а решта використовується у виробництві іншої продукції і приходить до споживача як супровід основного продукту (пакування, етикетка та ін.).

Кольорове тонове зображення на даному етапі розвитку цифрової техніки та поліграфічної технології задіяне у технологічному ланцюзі підготовки видання

до друку і як образотворчий оригінал, і як результат першого етапу опрацювання інформації з півтонового образотворчого оригіналу у матеріальній формі, тобто сканування. Але переважно отримані фотозображення потребують значного доопрацювання якісних характеристик у графічних редакторах та інших програмних продуктах. Додатково ускладнює процес постфотографічного опрацювання відсутність стандартної процедури об'єктивного оцінювання якості цифрового фотозображення, а перелік та гранично допустимі значення показників якості не регламентуються жодним нормативним документом. Міжнародні стандарти ISO нормують лише певний перелік технічних показників якості засобів реєстрації, але не описують методику оцінювання та показники якості цифрових фотозображень. Зокрема, стандарт ISO 12232 [8] визначає, як виробники цифрових камер встановлюють індекс експозиції, значення ISO, рівень вихідного сигналу, способи запису експозиції у метаданих. Ще ряд стандартів ISO стосуються будови, роботи та тестування цифрових фотокамер: вимірювання роздільної здатності (ISO 12233), шуму (ISO 15739), відтворення тону (ISO 14524), затінення (ISO 17957), геометричних спотворення (ISO 17850), хроматичних аберацій (ISO 19084), відблиску зображення (ISO 18844), затримки процесу зйомки (ISO 15781), слабкого освітлення (ISO 19093) і стабілізації зображення (ISO 20954-1), процедури тестування кольорних характеристик (ISO 17321-1) та фотокамер в цілому (ISO/TR 19247) [1-3].

Згідно із українським стандартом ДСТУ 3772-2013 (від 01.07.2014) «Оригінали для поліграфічного відтворення. Загальні технічні вимоги» [14]. для образотворчих оригіналів на матеріальних носіях регламентують наступні групи показників якості: геометричні параметри, структурні характеристики, градаційні та кольорні характеристики. У тексті стандарту наведено граничні значення показників та методика і засоби їх вимірювання для восьми різних типів оригіналів, які класифікують за інформаційним змістом, типом основи носія та кольорністю (рис. 1).

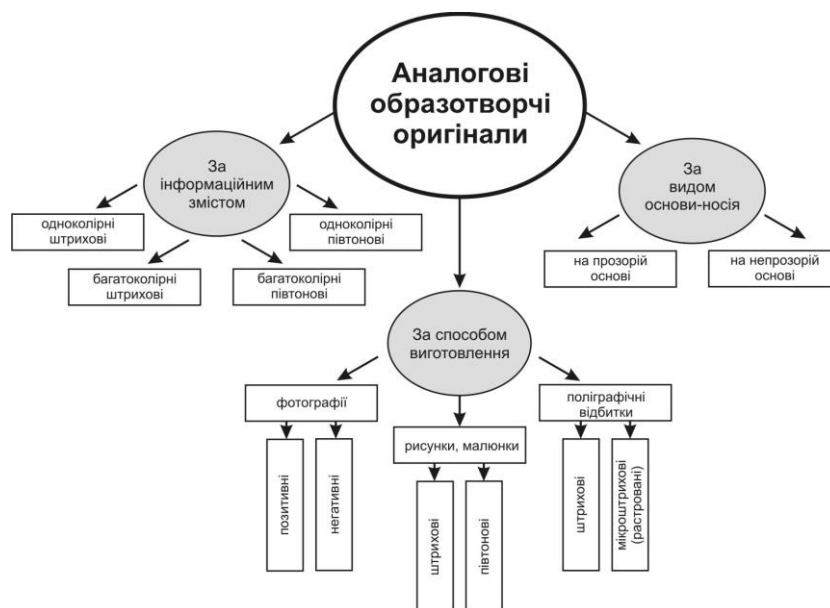


Рисунок 1 – Класифікація образотворчих оригіналів на матеріальній основі

Однак цей стандарт не поширюється на цифрові кольорові фотозображення, а саме цей тип образотворчих оригіналів найчастіше застосовується у видавничому процесі. Оскільки налагодження наскрізного управління якістю на поліграфічних підприємствах неможливе без об'єктивного вхідного контролю образотворчих оригіналів та операційного контролю фотозображень на етапі їх додрукарського опрацювання, тому питання формулювання методики та критеріїв оцінювання цифрового півтонового зображення є важливим.

Мета та задачі дослідження

Аналізуючи інформацію щодо сприйняття людиною візуальної інформації можна узагальнити наступний перелік показників якості цифрового фотографічного зображення: геометричні параметри, структурні характеристики, градаційні та колірні характеристики. Людський мозок особливо критично реагує на недоліки структурних показників зображення [8] (наявність цифрового шуму, зниження різкості та невідтворення дрібних деталей об'єктів). Але градаційні втрати та порушення відтворення кольорів не менш важливі для адекватного сприйняття інформації споживачем (читачем).

Людське око тонко розрізняє насамперед саме градаційні втрати та зміни. Порушення відтворення кольорів не таке критичне для збереження загального колірного контрасту і тонового розрізнення між близькими кольорами, оскільки людський мозок легко до них адаптується та переналагоджує сприйняття та відчуття.

Кольоровідтворення фотозображення при зйомці будь-якою фототехнікою, у тому числі цифровою, залежать від багатьох факторів: розподіл яскравості об'єкта зйомки (здатність відбивати чи поглинати певні зони спектру випромінювання джерела світла), особливості освітлення (потужність та спектральний склад світлового потоку), характеристика оптики (світлосила об'єктиву), правильний вибір експозиції (поєднання витримки та діафрагми), тип і характеристики сепаруючих середовищ (приспосіблення для реєстрування одноколірних компонент складного випромінювання), характеристика світлочутливих сенсорів.

Більшість авторів публікацій, присвячених оцінюванню якісних показників цифрових фотозображень [6, 7, 9], пропонують здійснювати візуальне оцінювання фото глядачем. Але таку методику не можна вважати об'єктивною. Відомо, що такий експертний аналіз можна робити групою кваліфікованих експертів і лише у стандартизованих умовах перегляду [5] (відповідний рівень та спектральний склад освітлення, кут зору і т.д.) та на каліброваних проглядових пристроях. Але і за таких умов реалізації оцінювання показників якості отримані результати є суб'єктивними, оскільки відомо, що лише інструментальні методи оцінювання якості вважаються об'єктивними. Експертний метод визначення значень показників якості продукції

використовують тільки у разі, коли ті або інші показники якості неможливо визначити іншими, більш об'єктивними методами [10].

З огляду на викладене вище авторами статті пропонується укласти унікальну методику оцінювання якісних показників цифрових фотографічних зображень на підставі аналізу об'єктивних даних.

Основна частина

Основними показниками якості цифрового кольорового тонового зображення є: тоновідтворення, колірний баланс (відтворення пам'ятних кольорів та баланс по сірому), відтворення дрібних деталей та чіткість (різкість) зображення, наявність дефектів на зображенні (шумів та ін.).

З метою систематизування усіх чинників впливу на якість цифрового фотозображення було побудовано діаграму причинно-наслідкового зв'язку факторів впливу (рис. 2).

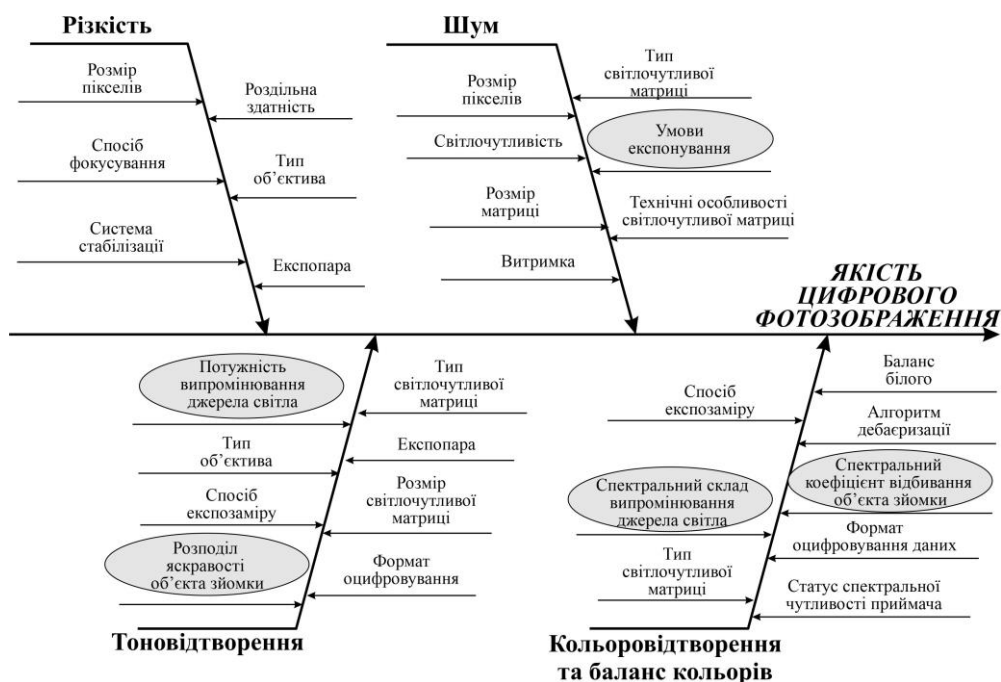


Рисунок 2 – Діаграма причинно-наслідкового зв'язку факторів впливу на якісні показники цифрового фотозображення

Кожен з перелічених показників якості цифрового фотографічного зображення закладається на етапі експонування і залежить від багатьох факторів: світлочутливої матриці та об'єктива фотокамери, програмного її забезпечення, а також зовнішніх чинників (потужність та спектральний склад світлового потоку, коефіцієнт відбивання поверхні об'єкта фотографування та розподіл потужності випромінювання джерела світла від довжини хвилі випромінювання). Більшість цих факторів динамічно змінюються у процесі кожного експонування.

Перелічені вище основні показники якості фактично є комплексними, оскільки кожен з них кількісно описується рядом простих показників.

1. Тоновідтворення на фотозображенні визначається параметрами точок білого та чорного, відтворенням окремих деталей яскравості по усьому тоновому діапазоні, відтворенням тональності сюжетно вагомих об'єктів, загальним контрастом зображення.

2. Кольоровідтворення на фотозображенні визначається показником загального колірному тону зображення, точністю відтворення пам'ятних кольорів, балансом кольорів по нейтральних (ахроматичних) кольорах.

3. Різкість зображення характеризується шириною розмитої зони.

4. Наявність на фотозображенні шумів та ін. артефактів описується у кількісному їх вираженні.

Одним з найбільш критичних для людського сприйняття, показником якості фотографічного зображення є різкість його деталей. Дивлячись на фотографію, що займає лише частину поля зору, читач (глядач) інстинктивно бажає бачити не менш різке зображення, ніж у реальному світі, принаймні у межах деякої опорної області переднього плану. Тому нерізке фото однозначно вважається бракованим за винятком випадків застосування нерізкості як художнього прийому.

Спосіб визначення різкості полягає у вимірюванні ширини розмитої зони. На фотозображеннях у аналоговій формі ширина розмитої зони вимірюється у міліметрах при перегляді у збільшувальне скло з кратністю збільшення, що дорівнює планованому масштабуванню зображення.

На цифровому фотозображенні ця методика не може застосовуватися. Для оцінювання різкості цифрового фотозображення необхідно застосувати програмне забезпечення, що може забезпечити вирішення поставленого завдання.

Одним із способів визначення різкості є використання спеціалізованого програмного забезпечення ImaTest (рис. 3), яке визначає багато характеристик цифрових фотозображень. Зокрема різкість зображення визначається на підставі обчислення функції модульованої передачі сигналу. Однак даний програмний продукт визначає різкість лише тестових фотографічних зображень, що містять спеціальний тест-об'єкт: чорний штрих на білому фоні. Таким чином можна визначити лише різкість, що забезпечує оптика фотоапарата.

Цифрове фотозображення є прикладом растрової графіки, тому складається з певної сукупності пікселів, кількість яких визначається роздільною здатністю світлочутливої матриці фотокамери. Кожен піксель характеризується певним рівнем яскравості та координатами кольору. Об'єктивно кількісно визначити різкість деталей зображення пропонується за шириною розмитої зони у пікселях як ширини граничного переходу між кольоровими полями, у межах якої рівень тону змінюється від 10% до 90% свого кінцевого значення. Чим менше значення ширини переходу, тим вища різкість зображення. При цьому для можливості поліграфічного відтворення фотозображень цей показник повинен узгоджуватися з їх масштабуванням на відбитку відносно вихідних розмірів та відстанню, з якої споживач його розглядає (табл. 1).

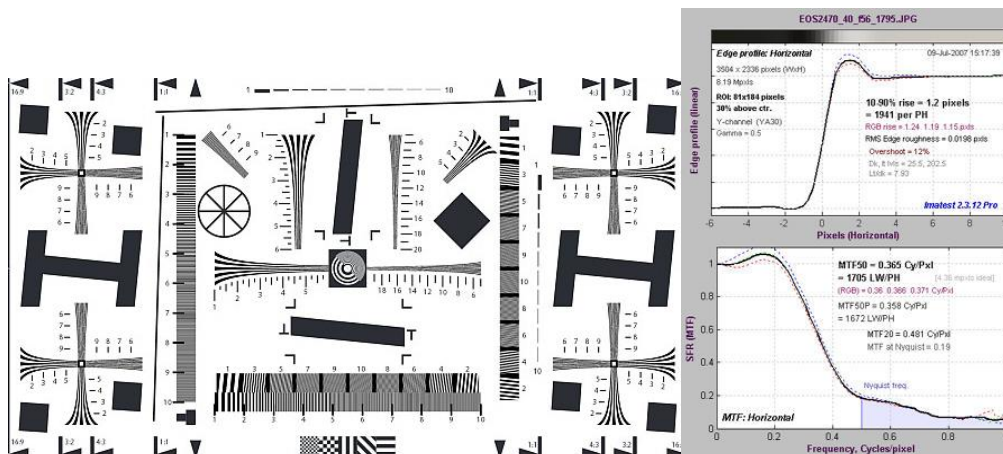


Рисунок 3 – Приклад тест-об'єкта та діалогового вікна для визначення різкості у програмному забезпеченні ImaTest

Таблиця 1 – Допустима ширина розмитої зони (роздільна здатність друку 1200 ppi)

Відстань перегляду, м	Ширина розмитої зони, пікселі
0,25	4,7
0,5	9,4
1	18,9
5	94,5
100	1890

Ще однією важливою структурною характеристикою цифрового фотозображення є наявність цифрового шуму. Шуми у цифровій фотографії – це випадковий хаотичний розподіл кольору пікселів, що не відповідає зареєстрованій світловій інформації. Розрізняють хроматичний і яскравісний шум. Як і різкість рівень шуму можна визначити у згадуваному спеціалізованому програмному забезпеченні ImaTest, однак і у графічному редакторі, наприклад PhotoShop, можна об'єктивно оцінити рівень шумів за параметром Std Dev – «Standard Deviation» (Стандартне відхилення) – палітри «Гістограма».

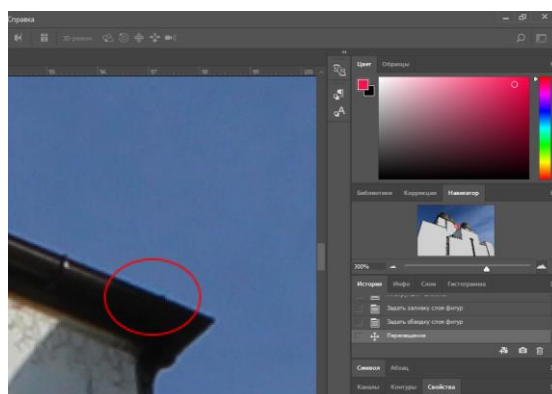


Рисунок 4 – Спосіб визначення різкості у графічному редакторі

Величина стандартного відхилення обчислюється у рівнях яскравості. Для рівномірної заливки тоном Std Dev рівне 0, для ділянки з рівномірним розподілом чорного та білого показник Std Dev визначається як $\frac{255}{2} = 127,5$. Чим менше чисельне значення Std Dev, тим менше шумів (рис. 5).

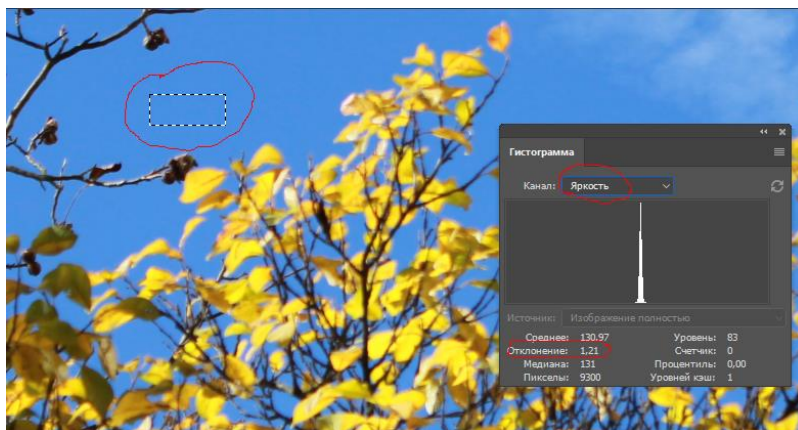


Рисунок 5 – Спосіб оцінювання зашумленості фотозображення у графічному редакторі PhotoShop

Зробити висновок про рівень зашумленості зображення можна за величиною стандартного відхилення: $\text{Std Dev} \leq 3$ ($\text{Std Dev} \leq 5$) – прийнятний, малопомітний оком рівень шуму; $\text{Std Dev} > 3$ у високих яскравостях та півтінях та $\text{Std Dev} > 5$ у тінях – необхідна корекція шумів.

Візуально оцінювати тоновідтворення, як і кольоровідтворення, по монітору у жодному випадку не допустимо. Джерела яскравого світла, до яких відноситься і монітор, спотворюють сприйняття людським оком відносних рівнів яскравості, особливо у діапазоні високих яскравостей. І якщо на моніторі око розрізняє деталі, то у друці ці ділянки з близьким високим значенням яскравості відтворюватимуться суцільною білою плямою, імовірно взагалі як колір основи.

На етапі вхідного контролю відтворення яскравості та кольору фотозображень слід уважно візуально оцінити і вивчити його особливості:

- сюжет (як відображається те, для чого власне і створили дане фотографічне зображення);
- загальний контраст (наявність і відтворення деталей яскравості на темному та світлому фоні);
- колір сюжетно вагомих деталей;
- наявність пам'ятних та ахроматичних кольорів;
- розташування точок чорного та білого.

При оцінюванні тоновідтворення потрібно користуватися єдиним об'єктивним засобом, доступним при роботі з цифровими тоновими зображеннями, – гістограмою – графіком, який відображає статистику розподілу пікселів зображення з кожним із 256 рівнів яскравості. Цей засіб є в усіх програмах-редакторах растрової графіки. Гістограма показує наявність рівнів яскравості, які переважають на зображенні або, навпаки, відсутні; ширину тонового діапазону; загальний контраст зображення; наявність деталей у певних тональних діапазонах.

Перш, ніж виконувати корекцію зображення, слід визначитися з експозицією зображення, тоновідтворенням та наявністю сюжетно вагомих деталей у відповідних тонових діапазонах. Від того, наскільки правильно встановили експозицію при отриманні цифрового чи аналогового

фотозображення, залежить рівень фіксування важливих деталей яскравості на зображенні. Слід наголосити, що не існує доброї чи задовільної гистограми, потрібно вміти читати інформацію, закладену у кожній гистограмі, і робити грамотні висновки у плані наступного виправлення недоліків тоно- та кольоровідтворення. Гистограма – це допоміжний засіб оцінювання тоновідтворення, її характер слід завжди аналізувати паралельно з аналізом семантики фотозображення. Не менш важливою є композиційна побудова фото, оскільки сюжет і композиція визначають підходи до наступного редагування.

За характером тоновідтворення фотографічні цифрові зображення розділяють на три групи.

1. Недоекспоновані (темні) – з частково втраченими деталями яскравості у тіньовому діапазоні. Гистограма таких зображень інформативно насичена у тіньовій ділянці. Зображення цього класу підлягають виправленню у програмах-редакторах.

2. Нормально експоновані (збалансовані), які містять основну інформацію у ділянці півтонів, а отже, основний розподіл тонів у гистограмі зосереджений у центральній її частині.

3. Переекспоновані (світлі), з частково втраченими деталями яскравості у ділянці високих яскравостей. Максимум гистограми при цьому розташований у ділянці високих яскравостей. Такі зображення практично не підлягають виправленню: деталі у діапазоні високих яскравостей просто втрачені і відновити їх неможливо, на відміну від недоекспонованих зображень, на яких деталі все-таки наявні, але погано помітні через низький рівень освітленості.

Однак у кожному випадку зокрема при аналізі тоновідтворення слід враховувати сюжет зображення, оскільки відсутність на гистограмі деталей у діапазоні високих яскравостей не завжди характеризує недоекспоноване зображення, можливо по сюжету у кадр просто не ввійшли світлі об'єкти.

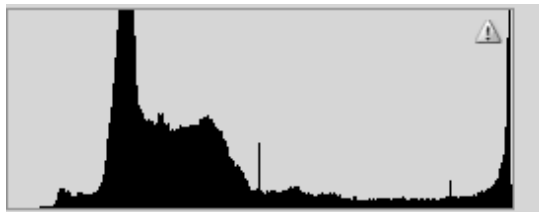
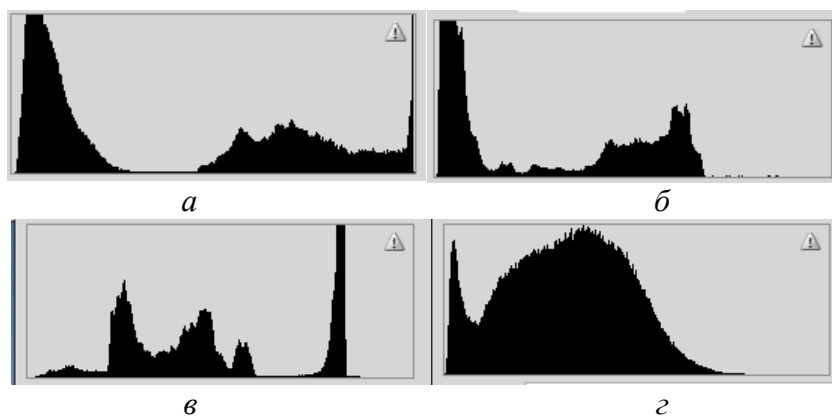


Рисунок 6 – Вигляд гистограми переекспонованого фотозображення

На рис. 6 наведено приклад гистограми переекспонованого фото. Права частина гистограми підходить до межі, тобто є певна кількість пікселів з максимальною яскравістю, що підтверджують дані з палітри Info - максимальні значення компонент RGB. Це означає, що на зображенні наявні ділянки абсолютно білого кольору, на яких при виведенні на матеріальний носій не буде жодного растрового елемента. Таке фотозображення не підлягає корекції у редакторі растрової графіки, при умові запису даних у форматі JPEG. Відновлення деталей яскравості на переекспонованих фото можливе лише при умові запису даних у формат RAW.



- а - вузький динамічний діапазон матриці – одночасно у зображенні присутні і дуже світлі і дуже темні ділянки, втрачено високі яскравості*
б - недоекспоноване фото (максимум зсунутий вліво), малий діапазон тональностей
в - фото у світлій тональності, найяскравіші ділянки відтворені допустимими рівнями яскравості – 201-203 (у СМУК приблизно по 20% усіх фарб)
г - фото у темній тональності

Рисунок 7 – Приклад гістограм фотозображень, отриманих з різними експозиційними умовами

Для об'єктивного визначення тонового характеру зображення необхідно знайти максимум його гістограми. Якщо положення точки максимуму зміщено у бік тіней, то ми маємо справу з темним зображенням, якщо у бік високих яскравостей – зі світлим, якщо яскраво вираженого зсуву немає – з середнім по тону. Положення точки максимуму можна шукати як на око, так і по обчисленому параметру гістограми Mean – середньому значенню яскравості. Якщо воно менше 100, то зображення темне, якщо більше 150 – світле. Звичайно, не можна сліпо покладатися на вказані рекомендації, але в 95% випадків цього достатньо, щоб точно визначити тоновий характер і зробити відповідні висновки, наприклад, про необхідну корекцію.

Практично усі півтонові оригінали мають діапазон яскравостей ширший, ніж динамічний діапазон техніки для оцифровування. Тому неминучою є часткова втрата деталей яскравості у результаті стискування тонового діапазону. Однак і офсетний спосіб друку теж не дозволяє відтворити надто широкий тоновий діапазон, наприклад, кольорових діапозитивних оригіналів (слайдів), тому процедури стискування тонового діапазону не уникнути.

Ще одним важливим показником якості фотозображення, цифрового зокрема, є його контраст. Оцінити загальний контраст зображення можна знову ж по гістограмі. За визначенням, контраст фотозображення – це різниця у яскравості найсвітлішої та найтемнішої ділянок. Відповідно на гістограмі це відобразатиметься двома максимумами – у ділянках високої та низької яскравості. Розмір та положення максимумів визначатимуть тип фотозображення за контрастом.

Таким чином, за контрастом зображення поділяють на наступні.

1. Зображення з посиленням контрастом – на гістограмі наявні максимуми у ділянці тіней та високих яскравостей (рис. 8, а).

2. Зображення з помірним контрастом – на гістограмі максимум знаходиться у центральній частині (переважають півтони), а діапазон тіней та високих яскравостей мало насичений деталями яскравості (рис. 8, б).

3. Малоконтрастне зображення, втрачені деталі у високих яскравостях (рис. 8, в)

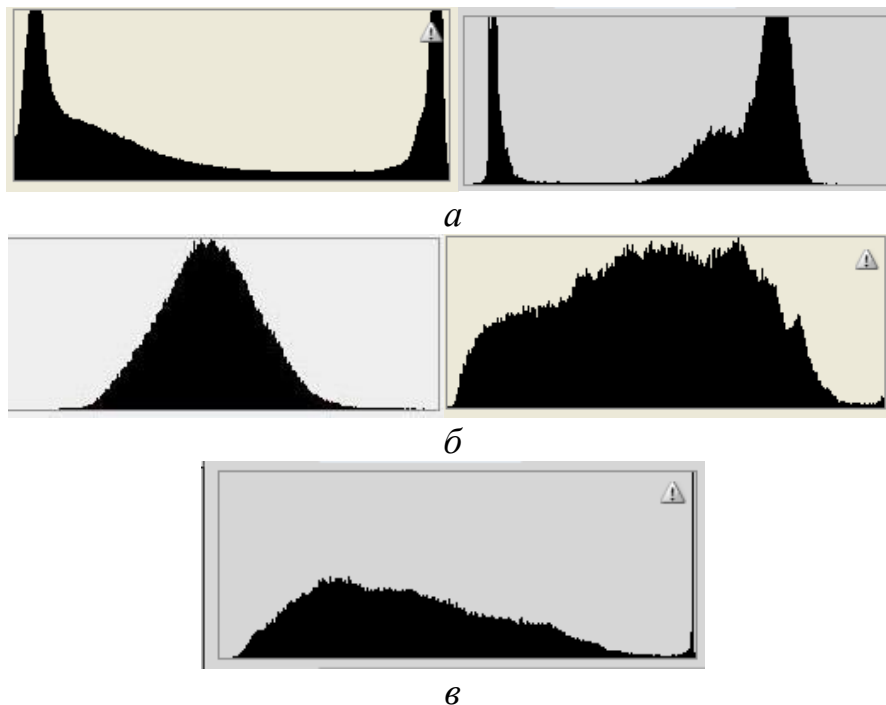


Рисунок 8 – Приклади гістограм фотозображень з різним контрастом

При аналізі та наступній корекції контрасту зображення обов’язково слід враховувати зміст (сюжет) фотографії. Так, портрет потребує зниженого контрасту і тому після аналізу по гістограмі не потрібно його надмірно підвищувати. І навпаки, фото архітектури або зображення з великою кількістю фактурних деталей потребує посилення загального чи локального контрасту. Таким чином, виявлення певного рівня контрасту не завжди визначається як недолік цифрового фотозображення.

Найкращим по тоновідтворенню вважається зображення, у якому наявні усі складові тонового діапазону з незначним максимумом у ділянках високих та низьких яскравостей. У цьому випадку зображення є тонально насиченим, із загальним контрастом та відтворенням деталей у всьому тоновому діапазоні.

Ще одним важливим етапом оцінювання якісних характеристик зображення є визначення параметрів точки максимальної та мінімальної яскравостей – т. зв. точок білого та чорного відповідно. Точка найвищої яскравості на зображенні (точка білого) не повинна відповідати 255 рівням яскравості у системі RGB, оскільки у цьому випадку така ділянка на поліграфічному відбитку відтворюватиметься кольором основи – повністю незадрукованою ділянкою. При поліграфічному відтворенні рівнем білого приймають такий процент фарбового покриття, який гарантовано відтворюється даним способом друку. Зокрема, для високоякісного офсетного друку на крейдованих сортах паперу яскравість білої

точки повинна знаходитися у діапазоні 245 рівнів яскравості у системі RGB або у системі СМΥК: 5% голубої, по 3% пурпурної та жовтої фарб та 0% чорної. Для друку на газетних сортах паперу вміст кольорових фарб повинен знаходитися у межах 6-8%. У будь-якому випадку рівень яскравості у кожному з каналів не повинен перевищувати 245 рівнів яскравості, у протилежному випадку втраяться деталі у діапазоні високих яскравостей і на зображенні просвічуватиме колір основи. Також не допускається формування точки найнижчої яскравості абсолютно чорним кольором. Це пов'язано з обмеженням кількості фарби, що дозволяється наносити на відбиток: сумарна кількість фарби повинна не перевищувати 320-350% у системі СМΥК. Таким чином, значення точки чорного у системі СМΥК по кожній з фарб повинно становити не більше 85-98%.

Аналіз кольоровідтворення - найскладніший етап оцінювання якості цифрового фотозображення, оскільки важко визначитися, чи наявне в принципі спотворення кольорів. Існує декілька критеріїв точності оцінювання кольоровідтворення (згідно Н.Д. Ньюберга): фізична точність – точність за спектральним складом випромінювання від окремих ділянок зображення; фізіологічна (колориметрична) точність – людське око сприймає деякі окремі ділянки зображення однаковими за колірним тоном; психологічна точність – це точність кольоровідтворення на зображенні вцілому, а не на окремих його ділянках.

Оцінювати кольоровідтворення найлегше за нейтральними кольорами. Найпростіше це було би виконувати по ахроматичній шкалі, при її наявності у кадрі. Однак ввести такий тест-об'єкт можна лише на етапі сканування, тоді по ньому можливо виявити недоліки кольоровідтворення, які виникають саме на цьому етапі. Але і при таких ідеальних умовах залишається невирішеним завдання аналізу кольоровідтворення, оскільки сам оригінал у аналоговій формі може бути розбалансованим по кольорах, хоча згідно з вимогами нормативних документів фотооригінали з помітним розбалансуванням кольоровідтворення не повинні надходити до репродукування. Ще важче оцінити кольоровідтворення і виявити його недоліки при аналізі фотозображень у цифровій формі, отриманих цифровою фототехнікою, оскільки ввести у кадр нейтрально сірий тест-об'єкт у більшості випадків просто неможливо. У цьому випадку слід повністю покладатися на аналіз самого зображення при допомозі засобів, інтегрованих у графічних редакторах.

Як і при аналізуванні тоновідтворення, слід керуватися чисельними даними по палітрі Info та сюжетом самого зображення. Оцінювати кольори «на око» візуально по монітору у жодному випадку не можна, оскільки навіть калібровані видавничі системи з часом втрачають виставлені налаштування, також на сприйняття кольорів оператором впливають колір стін, забарвлене світло нестандартизованих джерел світла у приміщенні, випадкові сонячні та світлові рефлекси від блискучих поверхонь стін та меблів. Усі перелічені фактори вносять спотворення у сприйняття кольорів людиною.

Аналогічно слід враховувати не лише сухі чисельні дані, відображенні на палітрі Info. Наприклад, якщо на фото зображено захід сонця, то домінуючий червоно-оранжевий відтінок не можна вважати спотворенням кольоровідтворення.

Вимоги до кольоровідтворення прямо залежать від семантики оригіналу (рис. 9). Спочатку слід визначитися з сюжетно вагомих об'єктом фотозображення, так званим композиційним центром або фокус-точкою. На зображенні пам'ятні кольори можуть бути наявними або ні, а сюжетно вагомий об'єкт у свою чергу може містити пам'ятні кольори, частково бути забарвленим у пам'ятні кольори або зовсім не містити пам'ятних кольорів. У відповідності до результатів цього аналізу приймається рішення про критерії точності оцінювання кольоровідтворення.

При поліграфічному репродукуванні у першу чергу необхідно забезпечити відтворення у межах допусків психологічної точності саме кольорів сюжетно-вагомих об'єктів, оскільки власне ці об'єкти найбільше впливають на формування зорового сприйняття усього зображення в цілому.

Оцінювати кольоровідтворення слід у два етапи: по нейтральних кольорах (для цього слід знайти на зображенні об'єкти, які на вашу думку повинні бути нейтральних кольорів – білий сніг, асфальтне покриття доріг, білки очей), зокрема по світлих нейтральних ділянках, оскільки око найбільш чутливе до розбалансування кольорів на світлих ділянках зображення; а також по пам'ятних кольорах – кольори природних та штучних об'єктів, які зберігаються у пам'яті людини (відтінки шкіри, кольори неба та трави).

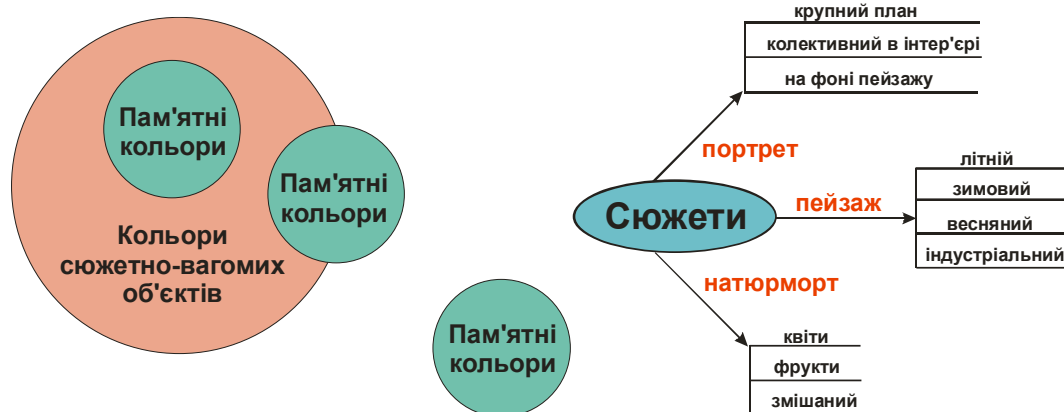


Рисунок 9 – Особливості семантики фотозображення

Оцінюючи нейтрально сірі відтінки слід пам'ятати, що для їх отримання при друкуванні необхідно виготовити кольороподілені фото- та друкарські форми з більшою щільністю по голубій, що зумовлено особливими спектральними характеристиками цієї фарби (табл. 2).

Таблиця 2 – Рекомендовані співвідношення барвників поліграфічного синтезу для відтворення півтонів нейтрально сірого кольору

Значення сірого (відносний розмір растрових елементів)	Вміст голубої (%)	Вміст пурпурної (%)	Вміст жовтої (%)	Вміст чорної (%)
10	8	5	5	0
20	17	11	11	0
50	44	31	31	1
70	62	48	47	9
100	79	68	67	85

На наступному етапі слід також оцінити кольоровідтворення пам'ятних кольорів, які у даному фотографічному зображенні є водночас і сюжетно вагомими. Аналіз кольоровідтворення цих кольорів базується на знаннях теорії формування кольорів основними барвниками поліграфічного синтезу. Так, для небесно-голубого кольору характерна повна відсутність жовтої і чорної фарб. Оптимальним вважається співвідношення 35–70% голубої та 8–25% пурпурної. Тобто пурпурна повинна складати не більше 40 % від вмісту голубої, у іншому випадку небесний колір набуває фіолетового відтінку, що значно погіршує якісні характеристики репродукції. Для тілесних відтінків білошкірих людей характерна повна відсутність чорної фарби і значно меншим порівняно з пурпурним та жовтим вміст голубого. Кількість останнього регулює ступінь засмаги, але не повинно становити більше 40% вмісту жовтого кольору. Жовта повинна дорівнювати по вмісту пурпурній або переважати на 15-20%. Наприклад, 18% голубої, 45 пурпурної, 50% жовтої та 0% чорної. При цьому важливі не абсолютні числові значення, а співвідношення між ними. Характерним для формування кольорів у субтрактивному синтезі є те, що переважно беруть у ньому участь два кольори, а третій виступає як затемнюючий (додає чорноти).

Приблизне співвідношення координат кольору для об'єктів, що є у пам'яті кожного споживача, наведено у таблиці 3. Це не абсолютні значення, важливо звертати увагу саме на співвідношення координат кольору.

Таблиця 3 – Приклади співвідношення координат кольору у просторі sRGB та CMYK для основних пам'ятних кольорів

Колір	sRGB	CMYK (Euroscale Coated v2)
Ахроматичні відтінки		
Білий	247 247 247	4 3 3 0
Сірий	132 132 132	54 41 41 7
Чорний	17 17 17	84 70 70 80
Тілесні відтінки		
Білошкіра людина	234 178 146	7 35 40 0
Засмагла шкіра	218 151 108	15 45 55 0
Жовтошкіра людина	235 188 150	7 30 40 0
Чорношкіра людина	91 45 16	60 80 100 40
Природні об'єкти		
Трава (листя)	126 166 60	60 15 90 0
хвоя	70 134 55	75 15 90 20
Небо вдень	0 200 255	70 0 0 0
Небо вранці та ввечері	0 160 255	70 15 0 0
Лимон	255 212 6	0 15 90 0
Апельсин	240 132 0	0 55 100 0
Помідор	231 51 44	0 90 80 0
Банан	255 223 78	0 10 75 0

Результати досліджень

Згідно розробленої методики пропонується оцінити якісні показники цифрового фотооригіналу (рис. 10) та за результатами скласти план модифікації його інформаційного змісту. Тестове фото – це пейзаж, який містить об'єкти пам'ятних кольорів (небо, море, трава).



Рисунок 10 – Тестове фотозображення

Експозиція та тоновідтворення даного фото ілюструється гистограмою наступного змісту (рис. 11). Діапазон тіней максимально насичений деталями та інформаційним змістом, натомість високі яскравості представлені мінімальними ділянками. Ще одна характеристика фотозображення – втрата деталей у високих яскравостях та глибоких тінях, оскільки гистограма впритул доходить до країв. Отже, зображення темне, малоконтрастне (на гистограмі максимум лише у тінях, у високих яскравостях незначний підйом гісторгами), з непроробленими деталями у тінях та високих яскравостях.

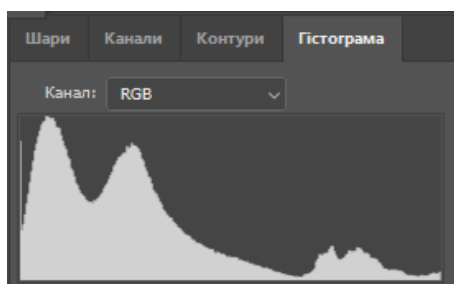


Рисунок 11 – Гістограма тестового фотозображення

Точка чорного сформована сумарним накладанням фарб понад 300% у СМУК (C83M71Y64K91), що слід врахувати під час кольороподілу. Точка білого – це незначна деталь неба з координатами кольору C0M5Y20K0, що прийнятно для більшості способів друку.

Кольоровідтворення аналізуємо лише по об'єктах пам'ятних кольорів, оскільки по семантиці зображення об'єкти нейтрального кольору відсутні. Каміні у морі прийняти за чорний колір можна лише умовно, до того ж вони не є сюжетно вагомими у цьому фото, тому не будемо по них визначати збалансування кольорів. Колір неба представлено співвідношенням C26M12Y16K0, трава – C80M63Y75K83.

Рівень шуму у високих яскравостях – 5,54, що вище допуску, потребує корекції. Різкість визначена по місцю, де закінчується берег і починається море, ширина розмитої зони становить приблизно 3-4 пікселі, що є задовільним для відтворення у друкованих виданнях.

Після аналізу усіх ключових характеристик якості цифрового зображення, можна дати наступні рекомендації щодо його корекції: знизити рівень шуму, знизити вміст жовтого по зображенню та локально опрацювати частину з травою з метою зменшити вміст пурпурного, що забруднює колір через недоліки сепарації кольорів. Щодо яскравості фотозображення, то якщо чисельні показники та гістограма свідчать про недоекспозицію, то після аналізу сюжету та семантики зображення приймається рішення про недоречність корекції яскравості, бо це суперечитиме змісту зображення.

Висновки

За відсутності чітких вимог до показників якості цифрових фотозображень, запропонована методика дозволяє реалізувати вхідний та операційний контроль. Перед початком опрацювання цифрового фотографічного зображення слід: визначитися з кінцевою метою – видом майбутньої поліграфічної продукції; оцінити величину яскравості і коригувати її при потребі, враховуючи при цьому приріст растрових елементів у друці; оцінити наявність відхилень у кольоровідтворенні і чи це є саме недоліком, а не спеціальним художнім прийомом; визначити різкість зображення і зробити висновок про доцільність її підвищення. Лише після такого послідовного аналізу проводити коректуру інформаційного змісту цифрового фотозображення.

Список літератури.

1. ISO 12647-1:2013. Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 1: Parameters and measurement methods. <https://www.iso.org/standard/57816.html>.
2. ISO 12647-2:2013. Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 2: Offset lithographic processes. <https://www.iso.org/standard/57833.html>.
3. ISO 12647-7:2016. Graphic technology – Process control for the production of halftone colour separations, proof and production prints – Part 7: Proofing processes working directly from digital data. <https://www.iso.org/standard/66426.html>.
4. ISO 12647-8:2012. Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 8: Validation print processes working directly from digital data. <https://www.iso.org/standard/53436.html>.
5. Kovalskiy, B., Dubnevych, M., Holubnyk, T., Pysanchyn, N., & Havrysh, B. (2019). Development of a technology for eliminating color rendering imperfections in digital photographic images. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/2 (97), 40-47. ISSN 1729-3774. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.154512>.
6. Lyashenko, V., Deineko, Zh., Zeleniy, O., & Tabakova, I. (2021). Wavelet ideology as a universal tool for data processing and analysis: some application examples. *International Journal of Academic Information Systems Research (IAISR)*, 5(9). 25-30.

7. Gan, M., & Lyu, M. (2023). Investigation on Visual Communication Design Based on Information Systems. 2nd International Conference on Data Analytics, Computing and Artificial Intelligence (ICDACAI). (p. 720-725). <https://doi.org/10.1109/ICDACAI59742.2023.00143>.
8. Wu, P.-C., & Lin, C.-H. (2022). A Green and Practical Color Photograph Printing Technology Based on Color Difference Model and Human Perception. *IEEE Access*, (10), 649-666. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3138270>.
9. Faragó, R., et al. (2022). Automatic Photography System for Adventure Parks Using Computer Vision. 2022 IEEE 20th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY). (p. 000151-000156). <https://doi.org/10.1109/SISY56759.2022.10036271>.
10. Tennø, H. (2018). Traditional vs. Digital Design Thinking. Digital design thinking portal. <https://www.digitaldesignthinking.io/>.
11. Xue, Y. (2020). Analysis of Computer Graphic Image Design and Visual Communication Design. 5th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE). (p. 2449-2452). <https://doi.org/10.1109/ICMCCE51767.2020.00528>.
12. Бондар, І.О., & Хорошевський, О.І. (2012). Виробнича інформаційна система поліграфічного виробництва: навчальний посібник. Х.: Вид. ХНЕУ.
13. Дубневич, М. (2018). Аналіз поліграфічного виконання журнальної періодики для дітей. *Наукові записки*, 1(56), 82-92.
14. Дубневич, М.М. (2016). Кваліметричний аналіз поліграфічного оформлення книжкових видань для дітей. *Поліграфія і видавнича справа*, (3), 154-161.
15. Чеботарьова, І.Б., & Манаков, В.П. (2021). Дослідження засобів та методів управління якістю на підприємстві «БУРУНІН І К». Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: монографія. (с. 164-188). Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид».