

Гетьман Оксана Павлівна

старший викладач кафедри дизайну

Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»,

Полтава, Україна

E-mail: oksana.gethman@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5758-9683>**Шпетна Світлана Анатоліївна**

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри іноземних мов за професійним спрямування

Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»,

Полтава, Україна

E-mail: avetlanashpetnay@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2230-4748>

Дослідження кольірних моделей у цифровій графіці

Актуальність дослідження обумовлена стрімким розвитком цифрової графіки, де кольірні моделі відіграють важливу роль у забезпеченні якісного візуального сприйняття та точної обробки даних. Використання різних кольірних моделей залежить від завдань і сфер застосування: екрани, мобільні пристрої, поліграфія, кольорокорекція. Метою статті є аналіз основних кольірних моделей, їхніх характеристик, принципів роботи, переваг, недоліків та особливостей використання у цифровій графіці. Методи дослідження передбачають аналіз наукових джерел, порівняльну оцінку моделей і вивчення практичних прикладів їх застосування у графічних редакторах і програмному забезпеченні. Досліджено кольірні моделі RGB, CMYK, HSL/HSV і LAB. Встановлено, що RGB – адитивна модель, оптимізована для екранів завдяки широкій гамі кольорів, що забезпечує яскраве та насичене відображення. Натомість CMYK є субтрактивною, використовується в друкарській справі, забезпечує високу точність кольоропередачі, проте має обмежений діапазон. Моделі HSL і HSV спрощують роботу з кольорами завдяки інтуїтивному розділенню параметрів на відтінок, насиченість і світлість, що робить їх особливо зручними для дизайнерів та художників. LAB-модель є перцепційно рівномірною, незалежною від пристроїв, забезпечує максимальну точність передачі кольорів та активно застосовується у складних завданнях кольорокорекції та обробки зображень. За результатами дослідження доведено, що вибір моделі залежить від конкретних завдань цифрової графіки, а їх комбіноване застосування дає змогу досягти високої якості візуалізації та точності кольоропередачі. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці вдосконалених алгоритмів обробки кольорів, а також інтеграції кольірних моделей у новітні технології, як-от доповнена реальність, віртуальна реальність і HDR-зображення, що відкриває нові можливості в сучасній цифровій графіці для графічних дизайнерів. Додатково варто дослідити вплив кольірних просторів на продуктивність систем машинного навчання, які використовуються для автоматичної обробки графічної інформації.

Ключові слова: колір, кольорові моделі, експеримент, цифрова графіка, графічний дизайн.

Вступ. Кольори відіграють важливу роль у цифровій графіці, формуючи візуальне сприйняття контенту, передаючи емоції та підкреслюючи інформаційні акценти. У світі, де цифровий контент є основою комунікації від дизайну вебсайтів і мобільних додатків до комп'ютерних ігор і 3D-анімації, ефективне використання кольору стає важливим інструментом створення якісного візуального продукту.

Колірні моделі є основою для відтворення кольорів у цифровому середовищі. Вони забезпечують стандартизацію кольорів на різних пристроях (дисплеях, принтерах, сканерах), допомагають налаштовувати гармонійні кольірні рішення в графічному дизайні та сприяють досягненню високої точності в науковій обробці зображень.

Дослідження кольірних моделей є міждисциплінарною галуззю, що охоплює фізику, математику, психологію, комп'ютерну науку й інженерію. Ключові досягнення в цій сфері забезпечили розвиток сучасних технологій візуалізації, друку та мультимедіа.

У зв'язку з розширенням сфер використання цифрової графіки (доповнена реальність, 3D-дизайн, нейронні мережі) виникає потреба в детальному вивченні кольорових моделей. Аналіз їхніх особливостей і ефективності дасть змогу вдосконалювати технології, покращуючи якість кінцевого продукту та

створюючи нові інструменти для візуальної комунікації. Отже, тема дослідження кольорових моделей у цифровій графіці є актуальною як для теоретичного вивчення, так і для практичного застосування в різних галузях.

Мета та завдання дослідження – охарактеризувати основні кольорові моделі й означити можливість їх використання в цифровій графіці.

Реалізація мети передбачає вирішення завдань теоретичного аналізу досліджень основних кольірних моделей, їх класифікацію та застосування в галузі дизайну на прикладі експериментальних завдань.

Матеріали та методи дослідження. У дослідженні використано теоретичний аналіз наукової літератури, метод експериментальних завдань із використанням графічних редакторів (Photoshop, Illustrator) та порівняльний метод аналізу результатів практичного використання кольірних моделей.

Чимало дослідників зробили внесок у розвиток кольірних моделей. Основоположні теорії, що лежать в основі кольірних моделей і пов'язані з вимірюванням кольорів, походять із робіт таких вчених, як Джеймс Клерк Максвелл (Dougal Richard C., 2006), Герман фон Гельмгольц (Hermann von Helmholtz, 2024) і Евальд Герінг (Busse, Bäumer-Schleinkofer, 1996), наукові розвідки яких зосереджені на теорії кольорового зору, Девід Райт і Джон Гілд (The Wright – Guild Experiments and the Development of the CIE 1931, 2024), які займалися експериментами, що стали основою простору CIE. Їхні роботи підтвердили, що людське око сприймає кольори через три основні компоненти – червоний, зелений і синій, які є основою моделі RGB. Це означає, що кольори можна описати кількісно за допомогою різних систем і моделей, які дають змогу представляти їх у числовому вигляді. Основи для цього простору були закладені ще в 1931 році з уведенням простору CIE YZ. А кольірний простір CIE Lab, запроваджений у 1976 році, базується на роботах, проведених Міжнародною комісією з освітлення (CIE), яка стандартизувала способи вимірювання кольорів. Ця кольорова модель забезпечила універсальний спосіб опису кольорів, незалежний від пристроїв, який став критично важливим для поліграфії, виробництва та досліджень людського сприйняття кольорів.

Розвиток кольірних моделей у цифровій графіці відбувався завдяки дослідженням широкого кола науковців, інженерів і компаній, які розробляли алгоритми конверсії між моделями RGB та CMYK. Еволюція цих моделей сприяла інтеграції кольорів у мультимедійних системах і поліграфії, надавши можливість уникнути спотворень під час друку та відображення, упроваджуючи алгоритми навчання для аналізу та генерації кольорів у HDR-графіці. Дослідники зазначали, що використання AI дає змогу оптимізувати роботу з великими обсягами даних у графіці, покращуючи точність і швидкість обробки.

Результати дослідження. Колір – це фізичне явище, що залежить від довжини світлової хвилі та сприймається органами зору. У цифровій графіці колір представлений кольірними системами, які задають інтенсивність базових кольорів і забезпечують універсальність і точність передачі кольорів у цифровому середовищі.

Колірні системи – це спосіб кодування кольорів у вигляді упорядкованого набору числових значень певних базових компонентів (Інформатика, 2021). Їх розвиток припав на середину XX століття з появою перших комп'ютерів і цифрових технологій. Серед наявних різних кольірних моделей вартісними для освітнього процесу підготовки майбутніх фахівців мистецького профілю виділено такі:

- RGB, широко використовується на екранах моніторів і у вебдизайні;
- CMYK, є стандартом для друкарської справи;
- HSL/HSV, полегшують вибір кольорів для дизайнерів завдяки зрозумілій системі налаштувань;
- LAB, забезпечує точність відтворення кольору в наукових і професійних застосунках, її універсальність дала змогу використовувати LAB для створення високоякісного контенту в кольорокорекції.

Згодом розроблені перцепційні моделі (HSL, HSV), які зробили кольори більш доступними для використання в дизайні.

Існує два типи змішування: адитивні методи представлені поєднанням растрових точок декількох кольорів, що прилягають одна до одної і сприймаються оком спостерігача; субтрактивні методи – це послідовне накладання растрових точок різних кольорів. В адитивному методі RGB сприйняття кольору досягається оптичним додаванням кольорів, точніше, додаванням променів цих тонів, а в субтрактивному методі – відніманням кольорів або змішуванням кольорів.

Типовою представницею адитивної моделі є вищеназвана кольорова модель RGB, яка дає змогу створювати колір шляхом додавання світла різних кольорів, змішуючи їх та створюючи широкий спектр відтінків. Особливістю використання цієї кольірної системи є досягнення за допомогою світла наближення до білого кольору. Чим більше світла додається, тим ближчим до білого стає колір. У моделі RGB змішування основних кольорів (червоного – R, зеленого – G, синього – B) дає відчуття білого кольору – W. Комп'ютерні монітори та кольорове телебачення використовують промені, які змішуються та доповнюють один одного. Але ми можемо зазначити, що ця система має певну складність у точному

відтворенні кольорів під час друку. А тому ця модель широко використовується для екранів телевізорів, моніторів і мобільних пристроїв. Через такі характеристики адитивна модель відтворення кольору RGB є неприйнятною для поліграфії.

Субтрактивна колірна модель (CMYK) – Cyan (бірюзовий), Magenta (пурпурний), Yellow (жовтий) і Key (основний) – застосовується в друкарській справі, де колір створюється шляхом накладання шарів фарби субтрактивного змішування, що забезпечує високу якість друкованих зображень. Тут використовуються не промені світла, а фарби.

Згідно з моделлю чистого поглинання кольору (CMY), чорний колір має бути отриманий шляхом змішування бірюзового, пурпурного і жовтого. Однак у поліграфії незручно виробляти чорний колір таким складним способом. Крім того, коли використовуються натуральні пігменти, дуже важко отримати чистий чорний колір. Наприклад, якщо ви змішаєте червоні та зелені промені, результатом буде жовтий колір. Якщо змішати червону фарбу (тобто фарбу, яка поглинає всі промені світла, крім червоного) із зеленою фарбою (фарбою, яка поглинає всі промені світла, крім зеленого), то результатом має бути чорний колір (Бондар, 2016). У цій колірній моделі змішування додаткових кольорів (блакитного або синьо-зеленого – С, пурпурного – М, жовтого – Y) до основних кольорів дає відчуття чорного кольору – В. Як і в оригінальній моделі CMY, так і в більш поширеній моделі CMYK інтенсивність кожного кольору вимірюється у відсотках від 0 до 100, де 0 означає повну відсутність поглинання цього кольору, а 100 – повне поглинання. Але ця система має обмежений колірний спектр порівняно з RGB (Основи теорії кольору, 2020).

Субтрактивна CMYK-композиція використовується, коли фарби послідовно наносяться на область друку (у цьому випадку яскравість кольорів зменшується зі збільшенням товщини шару фарби). Для отримання потрібного кольору використовують світлофільтри, коли до основного кольору додають блакитний, пурпурний, жовтий або інші кольори. Ці фільтри насичуються променями основних кольорів – червоного, зеленого та синього і відповідно пропускають решту променів кольорового спектра.

Перцепційні моделі (HSL, HSV) здебільшого орієнтовані на сприйняття кольорів людиною. Ці моделі дають змогу дизайнеру легко налаштовувати насиченість, яскравість і відтінок кольору, що спрощує роботу з ними, тому широко застосовуються в графічних редакторах.

Лабораторні колірні моделі (LAB) створені для точного відтворення кольорів незалежно від пристрою. LAB-модель базується на фізичних властивостях кольору та враховує його сприйняття людиною. За однакової інтенсивності людське око сприймає промені по-різному: від найяскравіших до найменш яскравих. У цьому випадку яскравість є характеристикою сприйняття, а не самого кольору. Колірна модель Lab описує всі видимі кольори й може бути використана для опису кольорів зображення без прив'язки до апаратного забезпечення. Це означає, що «Lab є апаратно незалежною моделлю, призначеною для визначення кольору без урахування індивідуальних особливостей (профілю) пристрою (монітора, принтера, друкованої машини тощо)» (Основи теорії кольору, 2020: 106). У цій моделі будь-який колір визначається яскравістю і двома колірними компонентами (параметр а, який змінюється від зеленого до червоного, і параметр b, який змінюється від синього до жовтого). Яскравість у цій моделі повністю відокремлена від кольору. Це робить модель корисною для налаштування контрасту, різкості та інших тональних характеристик.

Порівняння з призначенням і сферою застосування колірних моделей наводимо в таблиці 1.

З метою апробації нами були проведені 4 експериментальні дослідження кольорових моделей у цифровій графіці:

Експеримент № 1. Порівняння відтворення кольорів у RGB і CMYK

Мета: дослідити, як однакові кольори в RGB-моделі перетворюються в CMYK і який результат під час друку.

Процес:

1. У графічному редакторі Adobe Photoshop створюється кольорове зображення у форматі RGB.
2. Зображення переводиться в модель CMYK (Image > Mode > CMYK).
3. Здійснюється друк зображення на принтері.

Таблиця 1

Порівняння колірних моделей

Модель	Тип	Призначення	Основна сфера застосування
RGB	Адитивна	Відображення кольорів на екрані	Цифрові пристрої, вебдизайн
CMYK	Субтрактивна	Друк кольорів на фізичних носіях	Поліграфія
HSV	Інтуїтивна	Робота з кольорами	Дизайн, графічні редактори
Lab	Перцептивна	Точна передача кольорів	Колориметрія, друк

4. Результат друку порівнюється з оригінальним зображенням на моніторі.

Результати:

- Зменшення насиченості кольорів після переходу в CMYK.
- Втрата яскравих неонових кольорів, які доступні в RGB.
- Друковане зображення менш контрастне, ніж екранне.

Висновок щодо експерименту № 1: CMYK краще підходить для поліграфії, але обмежений колірний діапазон робить його менш універсальним. RGB забезпечує яскравість кольорів, але не підходить для друку.

Експеримент № 2. Змішування кольорів у HSL і RGB

Мета: порівняти, наскільки легко керувати кольорами під час роботи в HSL і RGB.

Процес:

1. В Adobe Illustrator створюється кольоровий градієнт у моделі RGB шляхом змішування червоного (255, 0, 0) і синього (0, 0, 255).
2. Створюється той самий градієнт у моделі HSL, змінюючи відтінок (Hue) із 0 до 240 градусів.
3. Результати порівнюються за плавністю переходів між кольорами та зручністю налаштувань.

Результати:

- У RGB змішування кольорів потребувало точного налаштування інтенсивності кожного компонента, що складно для користувача.
- У HSL достатньо було змінити параметр «відтінок», що значно спростило завдання.
- Перехід у HSL виглядав природнішим і плавнішим.

Висновок щодо експерименту № 2: HSL є більш зручною для художників і дизайнерів завдяки інтуїтивному управлінню кольорами. RGB потребує точних налаштувань, що може бути складним для новачків.

Експеримент № 3. Аналіз точності LAB-моделі із застосуванням кольорокорекції

Мета: перевірити, наскільки точним є редагування кольорів у LAB-моделі порівняно з RGB у Photoshop.

Процес:

1. У Photoshop відкривається фотографія з неточним балансом білого.
2. Фотографія коригується в RGB через Curves з використанням каналів R, G, B.
3. Те саме редагування виконується в LAB через Curves зі зміною параметрів L (Lightness) та A/B (колірних координат).
4. Порівнюються результати за точністю передачі кольорів.

Результати:

У RGB важко досягти балансу між освітленням і насиченістю кольорів.

У LAB зміни освітлення (L) не впливали на насиченість, що дало змогу досягти кращого результату.

Висновок щодо експерименту № 3: LAB-модель є більш точною та зручною для корекції кольорів завдяки незалежності параметрів освітлення й кольору.

Експеримент № 4. Відтворення кольорів на різних пристроях.

Мета: перевірити, як кольорові моделі відображаються на моніторі, смартфоні та принтері.

Процес:

1. Створюється зображення в RGB із градієнтами і складними кольорами.
2. Зображення передається на смартфон і порівнюється з оригіналом.
3. Переводиться у CMYK і друкується на професійному принтері.

Результати:

– Монітор і смартфон показували схожі результати, але через різну калібровку екранів кольори трохи відрізнялися.

– Друковане зображення мало значні відмінності через обмеження CMYK.

Висновок щодо експерименту № 4: для професійного використання важливо враховувати різні можливості відображення кольорів залежно від пристрою та моделі.

Ці експерименти демонструють, як різні кольорові моделі впливають на кінцевий результат у цифровій графіці. Кожна модель має свої переваги та недоліки, що робить їх винятковими для певних задач.

Висновки. Різні кольорові моделі мають свої унікальні характеристики, які визначають їхню сферу застосування. Глибоке розуміння принципів роботи цих моделей є ключовим для спеціалістів у галузі цифрової графіки, поліграфії, дизайну та розробки мультимедійного контенту.

Дослідження кольорових моделей еволюціонували від основ фізіології зору до складних алгоритмів цифрової графіки. Сучасна наука й інженерія спрямовані на автоматизацію процесів і розробку універсальних стандартів для відтворення та передачі кольорів. Це відкриває нові горизонти в графічному дизайні, поліграфії, мультимедіа та комп'ютерному баченні. Дослідження підтвердило, що вибір кольорової

моделі значно залежить від специфіки завдань: RGB є найкращим для роботи з екранами, CMYK – для друку, а LAB забезпечує максимальну точність передачі кольорів у професійних сферах.

Подальший розвиток кольірних моделей спрямовуватиметься на інтеграцію нових технологій, що створює перспективи для розробки ще точніших і більш функціональних систем.

Виклики та перспективи. Серед основних проблем використання кольірних моделей RGB та CMYK варто звернути увагу на певні їх особливості через різницю в кольірному охопленні, труднощі в розробці універсальних профілів для різних пристроїв, складність сприйняття кольору людиною, яка залежить від контексту та умов освітлення.

Перспективними, на нашу думку, можуть бути дослідження щодо інтеграції перцептивних моделей у системи доповненої реальності (AR) та віртуальної реальності (VR).

Література

Busse M., Bäumer-Schleinkofer A. Ewald Hering und die Gegenfarbtheorie. *NTM*. 1996. № 4 (3). P. 159–172.
Dougal Richard C. Then and now: James Clerk Maxwell and colour *Optics & Laser Technology*. Vol. 38. Is. 4–6, June – September 2006. P. 210–218.

Hermann von Helmholtz. Issues “Physiological Optics”. URL: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=3025> (дата звернення 23.11.2024).

The Wright – Guild Experiments and the Development of the CIE 1931 RGB and XYZ Color Spaces. URL: <http://surl.li/appzze> (дата звернення 23.11.2024).

Бондар І. О. Теорія кольору : навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.051501 «Видавничо-поліграфічна справа». Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016. 164 с.

Інформатика : підруч. для 8-го кл. закл. заг. серед. освіти / Йосиф Ривкінд [та ін.]. Київ : Генеза. 2021. 256 с.

Основи теорії кольору : навчально-методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня бакалавра спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» усіх форм навчання [Електронний ресурс] / [упоряд. Т. І. Веретільник, Л. Д. Мисник, Р. Б. Капітан та ін.] ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси : ЧДТУ, 2020. 130 с.

Research of color models in digital graphics

Hetman Oksana

Senior Teacher at the Department of Design

State Institution “Luhansk Taras Shevchenko National University”, Poltava, Ukraine

Shpetna Svitlana

PhD in Pedagogy (Candidate of Pedagogical Sciences), Associate Professor at the Department of Foreign Languages Professional Orientation

State Institution “Luhansk Taras Shevchenko National University”, Poltava, Ukraine

The relevance of the research is determined by the rapid growth of digital graphics, where color models play a crucial role in ensuring high-quality visualization and accurate processing of graphic data. Different types of color models are applied depending on the specific tasks and fields, including displays, mobile devices, printing technologies, and color correction systems. The purpose of this article is to investigate the main color models, analyze their features, working principles, advantages, limitations, and areas of application in digital graphics. The research methods include the analysis of scientific sources, comparative evaluation of color models, and the study of practical cases of their implementation in graphic editors and specialized software. The study focuses on a detailed examination of the RGB, CMYK, HSL/HSV, and LAB color models. It is established that the RGB model is an additive system optimized for screens and displays, as it provides a broad and vibrant color range suitable for digital applications. In contrast, the CMYK model is subtractive and widely used for printing purposes, ensuring high-quality color reproduction but with a limited gamut. The HSL and HSV models simplify the process of adjusting colors due to their intuitive separation into hue, saturation, and lightness components, which makes them particularly useful for design and user-friendly color manipulation. The LAB model stands out as a perceptually uniform and device-independent system, offering unmatched accuracy in color reproduction, making it invaluable for tasks involving color correction and precise editing. The results of this research demonstrate that the choice of a specific color model directly depends on

the needs of digital graphics, and the combined use of different models allows achieving superior visualization quality and accurate color rendition. The prospects for further studies involve the development of advanced color processing algorithms and the integration of modern color models into emerging technologies such as augmented reality, virtual reality, and HDR imaging systems.

Keywords: color, color models, experiment, digital graphics, graphic design.

References

Bondar, I.O. (2016). *Teoriya kolory: navchal'nyy posibnyk dlya studentiv napryamu pidhotovky 6.051501 "Vydavnycho-polihrافichna sprava"* [Color Theory: a textbook for students of the specialty 6.051501 "Publishing and Printing"]. Kharkiv: KhNEU im. S. Kuzneta [in Ukrainian].

Busse M., & Bäumer-Schleinkofer, A. (1996). Ewald Hering und die Gegenfarbtheorie. *NTM*. 4 (3). 159–172.

Dougal, Richard C. (2006). Then and now: James Clerk Maxwell and colour *Optics & Laser Technology*. 38. 4–6, June – September. 210–218.

Helmholtz, Hermann. Issues "Physiological Optics". Retrieved from Retrieved from: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=3025>

Ryvkind Yosyf, (Ed.) (2021). *Informatyka [Informatics]: pidruch. Dlia 8-ho kl. zakl. zah. sered. Osvity / Yosyf Ryvkind [ta in.]*. Kyiv: Heneza [in Ukrainian].

The Wright – Guild Experiments and the Development of the CIE 1931 RGB and XYZ Color Spaces. Retrieved from <http://surl.li/appzze>.

Veretilnyk, T.I., & Mysnyk, L.D. (Ed). (2020). *Osnovy teorii koloru [Basics of color theory]. Navchalno-metodychnyi posibnyk dlia zdobuvachiv osvithoho stupenia bakalavra spetsialnosti 186 "Vydavnytstvo ta polihrafia" usikh form navchannia* [Elektronnyi resurs]. Cherkas. derzh. tekhnol. un-t. Cherkasy: ChDTU [in Ukrainian].

Accepted: November 24, 2024