

РОЗРОБКА ІНСТРУМЕНТУ КОРЕКЦІЇ КОЛЬОРІВ  
ДЛЯ КОРИСТУВАЧІВ ІЗ ПОРУШЕННЯМ КОЛЬОРОСПРИЙНЯТТЯ

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Проніна О.І.  | канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-7085-8027">https://orcid.org/0000-0001-7085-8027</a> , e-mail: <a href="mailto:pronina_o_i@pstu.edu">pronina_o_i@pstu.edu</a> ;     |
| П'ятикоп О.Є. | канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-7731-3051">https://orcid.org/0000-0002-7731-3051</a> , e-mail: <a href="mailto:piatykop_o_je@pstu.edu">piatykop_o_je@pstu.edu</a> ; |
| Перцев Є.А.   | магістр, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, e-mail: <a href="mailto:pertsev_y_a@students.pstu.edu">pertsev_y_a@students.pstu.edu</a>                                                                                                         |

Візуальне сприйняття є основним каналом отримання інформації про навколишній світ, тому втрата або спотворення кольорів призводить до неповного уявлення про дійсність. У даній роботі розглядається проблема сприйняття кольорів людьми з різними формами дальтонізму та можливі підходи до її вирішення засобами інформаційних технологій. Дослідження спрямоване на створення програмного рішення, яке забезпечує автоматичну обробку кольорів на цифровому зображенні та їх інтерпретацію у зручній для користувача формі. Основна мета полягає у розробленні додатку, що допомагає користувачам ідентифікувати кольори, присутні на обраній картинці, і краще розуміти їх відмінності. Програмний продукт реалізовано мовою Python із використанням бібліотек PySide6 (Qt) та OpenCV. Він забезпечує низку функцій: збільшення фрагмента зображення, відображення кольору у форматах RGB, HSV, LAB або у вербальній формі, зафарбування суміжних областей, симуляцію дальтонізму на основі матриць автора Machado, а також кольорову корекцію (дальтонізацію), що підвищує контрастність і помітність об'єктів. Особливу увагу приділено процедурі лінеаризації sRGB перед застосуванням матриць перетворення, що забезпечує точність обчислень. Запропоноване рішення поєднує алгоритми аналізу кольорових компонентів із засобами візуальної корекції, що дозволяє покращити сприйняття та інтерпретацію візуальних даних. Проведено експериментальне порівняння результатів, отриманих за допомогою розробленого додатку, із даними системи Color Vision Simulator. Аналіз піксельних відмінностей у кольорних моделях показав незначні розбіжності, що підтверджує коректність реалізованих алгоритмів. Розроблений інструмент сприяє підвищенню доступності візуальної інформації та може бути корисним як для осіб із порушеннями кольоросприйняття, так і для фахівців у галузі дизайну, освіти та цифрової графіки. У перспективі планується оптимізація алгоритмів для роботи у реальному часі та розширення підтримки форматів зображень, що дозволить використовувати програму у веб-застосунках і системах інклюзивного дизайну.

**Ключові слова:** програмне забезпечення, дальтонізм, обробка зображень, Python, OpenCV, кольорова корекція.

### Постановка проблеми

Візуальне сприйняття навколишнього середовища є головним методом отримання інформації, тому втрата кольорів означає втрату інформації про навколишній світ, неповну картину сприйняття. Саме через це дуже важливим є визначення і корекція кольорів. У сучасному суспільстві люди проводять значну частину часу за мобільними телефонами та комп'ютерами, що робить якість сприйняття візуальної інформації особливо важливою. Для осіб із порушеннями кольоросприйняття (дальтонізмом) це може створювати додаткові труднощі при взаємодії з цифровими пристроями та контентом.

Дальтонізм є доволі поширеним захворюванням у світі: приблизно 8% чоловіків і 0,5% жінок страждають на кольорову сліпоту. Це сотні мільйонів людей по всьому світу [1]. Хоч хвороба і не є смертельно небезпечною, а деякі види взагалі вважаються особливістю зору, вона може спричиняти дискомфорт, створювати неточну картину навколишнього світу у свідомості людини.

Дальтонізм зазвичай передається у спадок, проте його можуть спричинити і зовнішні чинники: хвороби,

фізичні пошкодження сітківки або зорового нерву, старіння. Найчастіше внаслідок цього з'являються труднощі в розрізненні синього та жовтого кольорів. Аналіз показує, що проблема дальтонізму є достатньо серйозною та різносторонньою [2].

Дальтонізм буває різним, це залежить від того, які колбочки ока пошкоджені (або навіть відсутні). Якщо колбочки є, але дефектні, існує різна ступінь чутливості до світла:

- Протанопія (відсутність L-колбочок або їх дефектність (протаномалія)) – зміни сприйняття червоного кольору, сприйманий спектр укорочений з червоного кінця. Червоний колір сприймається темнішим, змішується з темно-зеленим, темно-коричневим, а зелений – зі світло-сірим, ясно-жовтим, світло-коричневим.

- Дейтеранопія (відсутність M-колбочок або їх дефектність (дейтераномалія)) – зміни сприйняття зеленого кольору. Зелений колір змішується зі світло-помаранчевим, ясно-рожевим, а червоний – з ясно-зеленим, світло-коричневим.

- Тританопія (відсутність S-колбочок або їх дефектність (тританомалія)) – відсутність кольорних відчуттів у синьо-фіолетовій області спектра. Зустрічається

вкрай рідко. При тританопії всі кольори спектру ба-чаться відтінками червоного або зеленого [1].

Колірна сліпота не є виліковною. Існують дослі-дження та успішні експерименти застосування генної терапії [3], але це все ще не набуло поширення та підт-вердження. Але все ж таки людям з нездатністю розрі-знити кольори можна допомогти. Для цього є різні за-соби, такі як окуляри, лінзи, додатки на телефони чи комп'ютери. Так можна допомогти людині сприймати колір через зовнішні інструменти: спеціальні лінзи, окуляри (наприклад, Enchroma). Але вони не дають по-вноцінного результату та не можуть повністю компен-сувати втрачені кольори. Оскільки сучасна людина проводить значну частину часу за роботою з комп'юте-рними пристроями та мобільними телефонами, то ак-туальним є розроблення програмного забезпечення для автоматизованого зчитування та перетворення кольо-рової інформації з цифрових зображень для покращення його сприйняття.

#### Аналіз останніх досліджень та публікацій

У роботі [4] розглядається розвиток теоретичних засад математичної морфології для обробки напрям-них (векторних або орієнтованих) даних, які виника-ють у таких задачах, як аналіз текстур, оптичний потік чи орієнтовані поля візуалізації. Автор формалізує по-няття морфологічних операторів для векторних струк-тур, розробляючи нові підходи до впорядкування на-прямних даних і визначення структурних елементів у багатовимірному просторі. Стаття поєднує строгий ма-тематичний апарат із практичними алгоритмічними рі-шеннями, створюючи підґрунтя для застосування мор-фологічних методів у сучасних задачах комп'ютерного зору та цифрової обробки зображень.

Стаття [5] присвячена розгляданню обмежень, що пов'язані з порушенням зору, обґрунтовується важли-вість веб-доступності та розглядаються чинні стандар-ти веб-доступності та найкращі практики для забезпе-чення доступності веб-контенту для людей з особли-вими потребами. Веб-доступність аналізується за до-помогою інструменту Web Disability Simulator, а веб-контент адаптується до потреб людей з інвалідністю.

В роботі [6] представлено розробку мобільного додатку, адресованого людям з дальтонізмом. Додаток складається з двох окремих частин. З одного боку, ав-тори реалізували колірний тест Ісіхари, щоб дозволити користувачам дізнатися (або підтвердити), чи мають вони дальтонізм. З іншого боку, автори розробили ін-терфейс камери, в якому кольори, які зазвичай викли-кають плутанину у людей з дальтонізмом, модифіко-вані для легкого розрізнення.

Автори статті [7] пропонують новий експеримен-тальний протокол на основі моделювання, де спостері-гачі без порушення колірному зору оцінюють відносну естетику та функціональність скріншотів 20 популяр-них веб-сайтів, як їх видно в повному кольорі, порів-няно з імітованим порушенням зору. Результати, що

отримані авторами, показують, що відносна естетика та функціональність позитивно корелюють.

Дослідження [8] було спрямовано на розробку програмного забезпечення для людей з порушенням колірного зору для покращення кольору та порівняно з двома іншими зрілими програмами покращення ко-льору, що знаходяться в популярних смартфонах з різ-ними основними операційними системами. Дослі-дження включало як об'єктивні, так і суб'єктивні оцін-ки. Матеріали дослідження охоплювали три аспекти: повсякденне життя, візуалізацію інформації та відео. Крім того, це дослідження розглядає різні рівні покращення кольору за допомогою трьох вимірів суб'єктив-ної оцінки: колірний контраст, природність кольору та колірні переваги. Результати показують, що всі функ-ції покращення кольору корисні для людей з порушен-нями колірного зору завдяки їх сильному колірному контрасту. Колірні переваги користувачів тісно пов'я-зані з природністю кольору. Програма-приклад збері-гає природність кольорів краще, ніж дві інші функції покращення кольору. Суб'єктивні оцінки показують подібні тенденції в різних операційних системах, з від-мінностями, що виникають через використання різних алгоритмів покращення кольору. Таким чином, різні алгоритми можуть призводити до різних розмірів колі-рної гами.

Аналіз літератури показав, що вдосконалення ро-боти з візуальною інформацією щодо кольорової корек-ції є актуальною задачею. Тому дане дослідження спрямоване на створення програмного забезпечення моделювання та корекцію зорового сприйняття осіб з різними формами дальтонізму.

#### Мета статті

Розробка програмного рішення, яке забезпечує автоматичну обробку кольорів на цифровому зобра-женні та їх інтерпретацію у зручній для користувача формі. В роботі проводяться дослідження можливих варіантів компенсування дальтонізму. Розроблене про-грамне забезпечення дозволить проводити адаптацію кольорової палітри зображення для покращення розрі-знення кольорів користувачами з порушенням кольо-росприйняття.

#### Виклад основного матеріалу

Згідно мети роботи для розробки програмного за-безпечення було визначено низку функціональних ви-мог, реалізація яких забезпечить зручність та ефектив-ність використання додатку кінцевим користувачем. До основних із них належать:

1) Збільшення фрагмента зображення. Ця функ-ція забезпечить детальніший перегляд окремої ділянки зображення, що дозволить точніше визначати кольори без додаткового зорового напруження.

2) Відображення кольору у текстовому форматі. Користувач може отримати інформацію про колір у форматах RGB або HSV, що відображають складові

кольорової моделі. Також можливе відображення назви кольору у зрозумілій вербальній формі (наприклад, «червоний», «синій»), що сприяє кращій ідентифікації та асоціації кольорів.

3) Зафарбування області. Додаток дозволить виконати заливку суміжних пікселів вибраної ділянки середнім або заданим кольором. Це дасть змогу усунути градієнти й отримати чітке виділення певної області без плавних переходів між кольорами.

4) Симуляція дальтонізму. Реалізується можливість моделювання зорового сприйняття осіб з різними формами дальтонізму. Хоча така симуляція не відтворює реальних відчуттів користувачів із вадами кольоросприйняття, вона дозволить наочно оцінити відмінності у сприйнятті кольорів.

5) Кольорова корекція (дальтонізація). Ця функція передбачить адаптацію кольорової палітри зображення для покращення розрізнення кольорів користувачами з порушенням кольоросприйняття. Вона не відновлює оригінальні кольори, однак підвищує контрастність і помітність об'єктів.

Для симуляції дальтонізму вирішено взяти матриці аномалій кольору (протаномалія, дейтераномалія, тританомалія). Уже є розраховані матриці симуляції колірних аномалій. Тобто розраховано зсув для кожного ступеню тяжкості випадку (від 0 до 1 з кроком 0,1), чим менша ступінь важкості, тим менше виражений дальтонізм [9]. Тож користувач може змінювати повзунок тяжкості і бачити прояви певного типу дальтонізму різного ступеню.

Важливим моментом для зсуву матриці є лінеаризація кольору. Картинки подають sRGB колір – помножений RGB на гамму. Це роблять для ефективнішого показу на моніторі, зберігання. Цей коефіцієнт підсилює яскравість компонентів зображення, і він не є лінійним, а експоненціальним. Тож для отримання чистого зображення треба його лінеаризувати і лише потім застосовувати для зміни в матриці [10]. Для цього використані формули, визначені стандартом щодо sRGB [11].

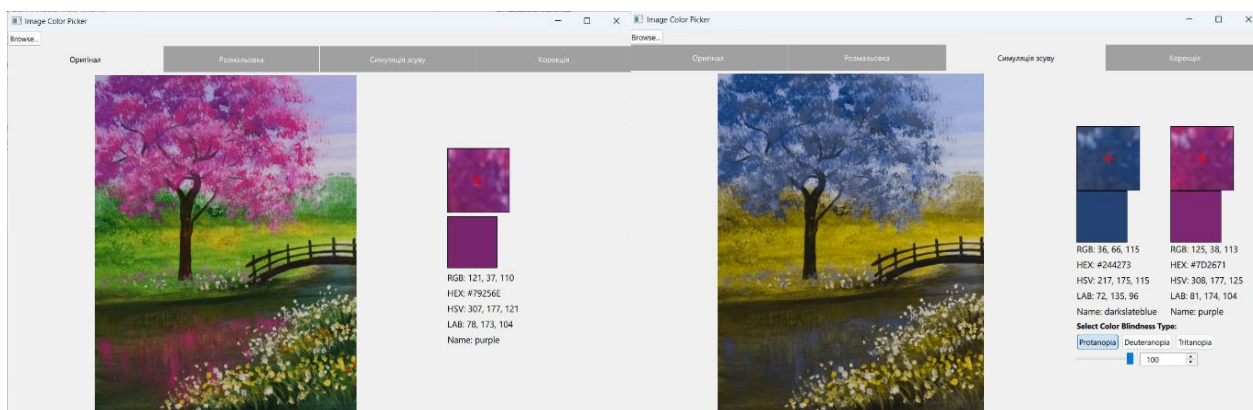
Реалізація програмного забезпечення була виконана за допомогою Python, QT (PySide6, qml), opencv. Розроблене програмне забезпечення має наступну структуру: modules містяться файли python, що відповідають за логіку додатку; у теці qml містяться файли формату qml, які відповідають за зовнішній вигляд застосунку; components – окремі візуальні елементи; pages – вкладки додатку, що містять компоненти. Також є прив'язка до контексту файлів логіки і файлів графічного інтерфейсу.

Розроблено основні чотири види ImageContainer, кожен з яких містить зображення, містить об'єкт (ColorRepresenter), що репрезентує колір у будь-якому вигляді, містить позицію курсора для оновлення поточного кольору або заливки. ImageFloodContainer здатний замальовувати зображення через FloodFiller, ShiftContainer – здійснювати зсув кольорів для симуляції, DaltonizeContainer – для корекції кольору через CVD. Усіх їх тримає ImageProvider, бо саме він відповідає за подання картинки до графічного інтерфейсу в поточний момент. Щодо qml, то там містять лише елементи відображення, найголовніше серед них – прив'язка до моделі.

Для отримання імені кольору використана бібліотека webcolors, в якій близько 150 кольорів. Очевидно, що це не покриває весь спектр можливих кольорів, а тому, при отриманні довільного кольору з зображення, треба з'ясувати, до якого іменованого кольору він найближчий. Для цього використано лінійний пошук (елементів небагато, тому можна просто проітеруватися). Для порівняння з іншими кольорами використано евклідову відстань – найменша відстань означає найближчий іменований колір до обраного. При цьому порівняння проводилося в моделі LAB, бо вона вважається близькою до того, як люди сприймають колір [12]. До того ж, для порівняння кольорів (розрахування різниці кольорів) використання евклідових відстаней є доцільним.

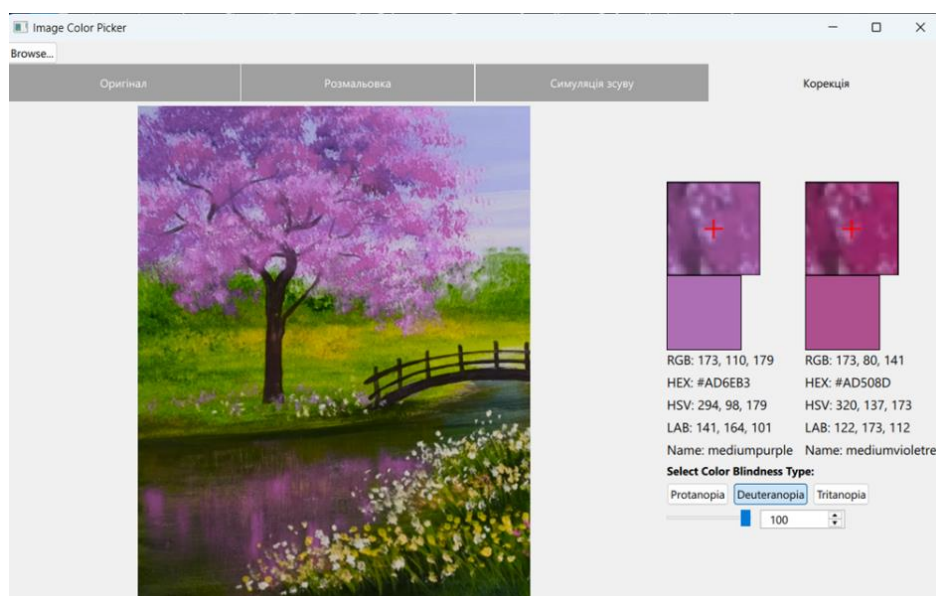
Для заливки області зображення спочатку створюється маска, де розраховуються пікселі, які за певним порогом кольору схожі на зазначений колір. Далі по компоненті зв'язності ця маска накладається на основне зображення, зафарбовуючи потрібну область. Алгоритм схожий на реалізацію від OpenCV [13].

Розроблений програмний продукт бере зображення png і дозволяє користувачу прочитати колір пікселя під курсором: у форматі rgb, lab, hex. Окрім цього є ще заливка, для збільшення контрасту між різними кольорами, за рахунок чого все стає однотонним, не плавним. Також додаток передбачає симуляцію дальтонізму на основі матриць Machado [9]. Це дозволяє симулювати ефекти для дейтераномалії, протаномалії, тританомалії (у заданих відсотках), і корекція зображення (дальтонізація). Також в додатку передбачено при наведенні на картинку у вкладках симуляцій побачити, який піксель був «до» і «після» симуляції різних вад зору. Інтерфейс розробленого програмного забезпечення наведено на рисунку 1.



а) Аналіз оригінального зображення

б) Симуляція зсуву



в) Корекція

Рис. 1 – Інтерфейс розробленого програмного забезпечення з різними режимами роботи

Для перевірки отриманих результатів було виконано експериментальне дослідження, в якому відбувалось попіксельне порівняння з системою, що моделює вади зору [14]. Для цього було вирішено використовувати метод аналізу кольорових відмінностей. Цей метод полягає у визначенні ступеня подібності або різниці між кольорами двох пікселів. Такий аналіз дає змогу оцінити, наскільки або відмінні кольори за своїми числовими характеристиками у певній колірній моделі (наприклад, RGB, HSV чи LAB). Найпростішим підходом є обчислення абсолютної різниці між значеннями кольорових компонент відповідних пікселів. Отримане числове значення характеризує рівень відмінності – чим воно менше, тим ближчі кольори між собою. Абсолютна різниця між пікселями розраховується по формулі:

$$d = \sqrt{(r_1 - r_2)^2 + (g_1 - g_2)^2 + (b_1 - b_2)^2} \quad (1)$$

де  $r$  – показник червоного кольору,  $g$  – показник зеленого кольору,  $b$  – показник блакитного кольору.

Відсоткова різниця між пікселями розраховується по формулі:

$$l = \frac{d}{\sqrt{3 \cdot 255^2}} * 100\% \quad (2)$$

Щоб попіксельно зрівняти результати, було взяте зображення, де виділені пікселі, що мають складову кожного компонента моделі RGB для їх модифікації, рисунок 2.

На рисунку 3 зображено типи вад зору, їх представлення за допомогою розробленого додатку (зліва на рисунку) та за допомогою сторонньої системи (справа на рисунку).

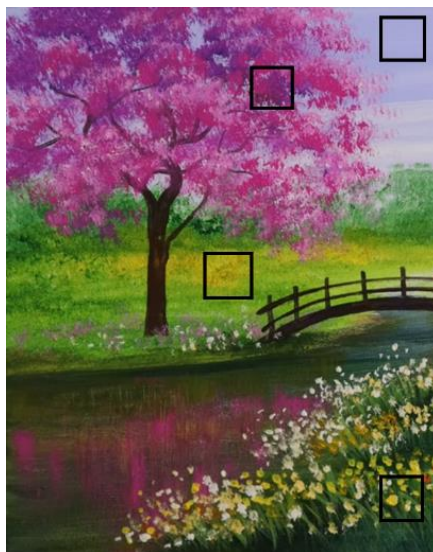


Рис. 2 – Зображення з виділеними пікселями, що підвергалось тесту



Рис. 3 – Порівняння представлення зображень відносно різних вад зору

Таблиця 1

Порівняння результатів дослідження розробленого додатку та системи Color Vision Simulator

| Протанопія   |               |               |                   |                       |
|--------------|---------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| Піксель      | Через ПЗ      | Через сайт    | Абсолютна різниця | Відсоткова Різниця, % |
| 1            | 158, 175, 217 | 158, 168, 214 | 7,615773106       | 1,724301432           |
| 2            | 34, 63, 101   | 35, 70, 138   | 37,6696164        | 8,528848302           |
| 3            | 177, 156,0    | 174,155,26    | 26,19160171       | 5,930089528           |
| 4            | 191,170,63    | 195,175,60    | 7,071067812       | 1,600973688           |
| Дейтеранопія |               |               |                   |                       |
| 5            | 156 172 214   | 167 168 214   | 11,70469991       | 2,650082998           |
| 6            | 63 75 105     | 61 72 103     | 4,123105626       | 0,933520056           |
| 7            | 180 161 45    | 193 145 36    | 22,49444376       | 5,093009082           |
| 8            | 194 175 59    | 212 160 50    | 25,0998008        | 5,682892842           |
| Тританопія   |               |               |                   |                       |
| 9            | 158 176 184   | 164 174 188   | 7,483315          | 1,694311              |
| 10           | 123 43 68     | 114 52 56     | 17,49286          | 3,96059               |
| 11           | 192 151 140   | 187 152 163   | 23,55844          | 5,33391               |
| 12           | 204 153 142   | 200 154 166   | 24,35159          | 5,513489              |

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що відсоткова різниця між результатом, що надає розроблене програмне забезпечення та система Color vision Simulator, є незначною, це в більшому пов'язано з точним розташуванням курсора.

Також після порівняння зображення, що аналізувались, піддавались дальтонізації – методу корекції кольору, який намагається налаштувати кольори таким чином, щоб було менше колірних комбінацій, які могли б заплутати людину з дальтонізмом. Метод не є ідеальним, але в деяких випадках може покращити зображення, щоб зробити його більш зрозумілим для людини з порушеннями кольорового зору. Ця функція призначена для швидкого перетворення кожного кадру ескізу, щоб накладні витрати не впливали на частоту кадрів.

Запропонований підхід сприяє підвищенню доступності візуальної інформації та може бути корисним як для осіб із порушеннями кольоросприйняття, так і для фахівців у галузі дизайну, освіти та цифрової графіки.

### Висновки

Під час виконання даної роботи проаналізовано поточний стан проблеми дальтонізму, методи симуляції кольорових аномалій та можливої корекції кольорів. Вирішено розробити додаток, що допомагав би користувачу краще розуміти кольори на зображенні. Для кращого розуміння міститься текстова інформація про колір (у різних кольорових моделях), збільшення зони під курсором, використання одотонної заливки суміжних областей для зниження градієнта. За допомогою Python, QT (PySide6, qml),opencv розроблене програмне забезпечення, яке надає можливість точного визначення кольорових компонентів у вибраній ділянці зображення, що дозволяє користувачеві отримувати об'єктивні дані про колірну палітру в числовому чи візуальному форматі.

Для перевірки точності перетворень проведено експеримент, у ході якого порівнювалися зразки, отримані шляхом симуляцій у власному додатку, зі зразками, отриманими з відомих відкритих ресурсів, що виконують аналогічні завдання. Точність вимірювалася через різницю відповідних пікселів, що відображають різні кольори. Попри наявну похибку, можна вважати, що розроблений продукт співставний з тими, що вже існують. Похибка може бути наявна через відмінність моделей, що реалізують сторонні ресурси. Проте дану модель можна використовувати на рівні з іншими. Додаток може бути корисним для людей, що займаються дизайном для інклюзивних людей, адже можна завжди подивитися зображення у різних формах кольорових аномалій; для тих, хто хоче дослідити кольори на зображенні, для навчання. Також це може бути актуально для самостійного виявлення дальтонізму, проте в жодному разі не варто сприймати результати роботи застосунку як діагноз. У разі занепокоєнь

краще звертатися до відповідного лікаря для обстеження.

Розроблене програмне забезпечення може бути використане у сфері комп'ютерної графіки, цифрової фотографії, дизайну та в системах технічного зору. Практична реалізація результатів дослідження сприяє підвищенню ефективності обробки зображень і розширює можливості їх аналітичного використання.

Поточний функціонал додатку є обмеженим. Основними проблемами є обмежена підтримка зображень різних форматів та нестача додаткових інструментів для підвищення зручності. В подальшому дослідження будуть присвячені підвищенню швидкості перетворень картинок під час симуляції для придатності роботи у режимі реального часу без затримок. Це дозволить аналізувати зображення під час постійних змін і трансляцій, що зробить це актуальним для веб-застосунків і в результаті – доступнішим більшій аудиторії.

### Перелік використаних джерел

- [1] Color Blindness – learn all about it. URL: <https://www.color-blindness.com/> (дата звернення: 15.06.2025).
- [2] Almustanyir A. A Global Perspective of Color Vision Deficiency: Awareness, Diagnosis, and Lived Experiences. *Healthcare*. 2025. Vol. 13, № 16. Article 2031. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare13162031>.
- [3] Франчук Є. Р., Бєлих І. А. Генна терапія вродженого дальтонізму. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*: тези доп. 30-ї Міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2022, м. Харків, 19-21 жовтня 2022 р. Харків: НТУ «ХПІ», 2022. С. 482. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/62277> (дата звернення: 03.07.2025).
- [4] Hauch K. Mathematical morphology on directional data. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*. 2024. Vol. 66, № 3. Pp. 456–474. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10851-024-01210-0>.
- [5] Крестьянполь Л., Ковальчук М., Вашкевич О. Вебдоступність як основний засіб руйнування цифрових бар'єрів для людей з обмеженими можливостями. *Прикладні проблеми комп'ютерних наук, безпеки та математики*. 2023. № 1. С. 4-9.
- [6] Vidal-Coll M., Manresa-Yee C. Developing a Color Identification Assistance Application for Individuals with Color Blindness. *Interacción '24: Proceedings of the XXIV International Conference on Human Computer Interaction*, A Coruña, Spain, 19-21 June 2024. 2024. Article № 6. Pp. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1145/3657242.3658600>.
- [7] Jamil A., Denes G. Investigating Color-Blind User-Interface Accessibility via Simulated Interfaces. *Computers*. 2024. Vol. 13(2). Article 53. DOI: <https://doi.org/10.3390/computers13020053>.
- [8] Do color enhancement algorithms improve the experience of color-deficient people? An empirical study

- based on smartphones / Y. Zhang et al. *Frontiers in Neuroscience*. 2024. Vol. 18. Pp. 01-10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1366541>.
- [9] Machado G., Oliveira M., Fernandes L. A Physiologically-Based Model for Simulation of Color Vision Deficiency. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 2009. Vol. 15, iss. 6. Pp. 1291-1298. DOI: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2009.113>.
- [10] Чому потрібна лінеаризація? URL: <https://developer.nvidia.com/gpugems/gpugems3/part-iv-image-effects/chapter-24-importance-being-linear> (дата звернення: 13.08.2025).
- [11] How to interpret the sRGB color space (specified in IEC 61966-2-1) for ICC profiles. URL: <https://www.w3.org/Graphics/Color/srgb> (дата звернення: 15.08.2025).
- [12] What Is CIELAB Color Space? URL: <https://www.hunterlab.com/blog/what-is-cielab-color-space/> (дата звернення: 15.08.2025).
- [13] Miscellaneous Image Transformations. URL: [https://docs.opencv.org/4.x/d7/d1b/group\\_imgproc\\_misc.html#ga45f9e83fca77c21c6174e9d554f3e0a8](https://docs.opencv.org/4.x/d7/d1b/group_imgproc_misc.html#ga45f9e83fca77c21c6174e9d554f3e0a8) (дата звернення: 20.08.2025).
- [14] Color Vision Simulator. URL: <https://pilestone.com/pages/color-blindness-simulator> (дата звернення: 21.08.2025).

## DEVELOPING A COLOR CORRECTION TOOL FOR USERS WITH COLOR PERCEPTION DISORDERS

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pronina O.I.</b>   | PhD (Engineering), associate professor, SHEI «Priazovskyi state technical university», Dnipro, ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-7085-8027">https://orcid.org/0000-0001-7085-8027</a> , e-mail: <a href="mailto:pronina_o_i@pstu.edu">pronina_o_i@pstu.edu</a> ;     |
| <b>Piatykov O.Ye.</b> | PhD (Engineering), associate professor, SHEI «Priazovskyi state technical university», Dnipro, ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-7731-3051">https://orcid.org/0000-0002-7731-3051</a> , e-mail: <a href="mailto:piatykov_o_je@pstu.edu">piatykov_o_je@pstu.edu</a> ; |
| <b>Pertsev Ye.A.</b>  | M.Sc., SHEI «Priazovskyi state technical university», Dnipro, e-mail: <a href="mailto:pertsev_y_a@students.pstu.edu">pertsev_y_a@students.pstu.edu</a>                                                                                                                         |

Visual perception is the primary means of obtaining information about the surrounding world, so the loss or distortion of color leads to an incomplete understanding of reality. This paper examines the problem of color perception in people with various forms of color blindness and possible approaches to addressing it using information technology. The research aims to create a software solution that automatically processes colors in digital images and interprets them in a user-friendly manner. The primary goal is to develop an application that helps users identify colors present in a selected image and better understand their differences. The software is implemented in Python using the PySide6 (Qt) and OpenCV libraries. It provides a number of functions: image fragment magnification, color display in RGB, HSV, LAB, or verbal formats, shading of adjacent areas, color blindness simulation based on Machado's matrices, and color correction (color shading), which increases contrast and the visibility of objects. Particular attention was paid to the sRGB linearization procedure before applying the transformation matrices, ensuring the accuracy of calculations. The proposed solution combines color component analysis algorithms with visual correction tools, improving the perception and interpretation of visual data. An experimental comparison of the results obtained using the developed application with data from the Color Vision Simulator system was conducted. An analysis of pixel-by-pixel differences in the color models revealed minor discrepancies, confirming the correctness of the implemented algorithms. The proposed approach can be useful for individuals with color vision impairments, as well as for specialists in design, education, and digital graphics. The developed tool improves the accessibility of visual information and can be useful for individuals with color vision impairments, as well as for specialists in design, education, and digital graphics. Future plans include optimizing the algorithms in real time and expanding image format support, enabling the program to be used in web applications and inclusive design systems.

**Keywords:** software, color blindness, image processing, Python, OpenCV, color correction.

## References

- [1] Color Blindness – learn all about it. [Online]. Available: <https://www.color-blindness.com/>. Accessed on: June 15, 2025.
- [2] A. Almustanyir, “A Global Perspective of Color Vision Deficiency: Awareness, Diagnosis, and Lived Experiences,” *Healthcare*, vol. 13, № 16, article 2031, 2025. doi: 10.3390/healthcare13162031.
- [3] Ye.R. Franchuk, and I. A. Byelykh, “Henna terapiya vrodzhenoho dal'tonizmu” [«Gene therapy for congenital color blindness»], in *Proc. Of the 30-th Int. sci.-pract. conf. «Information technologies: science, engineering, technology, education, health MicroCAD-2022»*, Kharkiv, Oct. 19-21, 2022, pp. 482. Online]. Available: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/62277>. Accessed on: July 03, 2025. (Ukr.)

- [4] K. Hauch, "Mathematical morphology on directional data," *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, vol. 66, № 3, pp. 456-474, 2024. doi: [10.1007/s10851-024-01210-0](https://doi.org/10.1007/s10851-024-01210-0).
- [5] L.Y. Krestyanpol, M.S. Kovalchuk, and O.M. Vashkevich, "Vebdostupnist yak osnovnyi zasib ruinuвання tsyfrovikh barieriv dlia liudei z obmezhenymi mozhlyvostiamy" ["Web accessibility as the main tool for breaking digital barriers for people with disabilities"], *Prykladni problemy kompiuternykh nauk, bezpeky ta matematyky – Applied Problems of Computer Science, Security and Mathematics*, № 1, pp. 4-9, 2023. (Ukr.)
- [6] M. Vidal-Coll, and C. Manresa-Yee, "Developing a Color Identification Assistance Application for Individuals with Color Blindness," in *Proc. of the XXIV Int. Conf. on Human Computer Interaction «Interacción '24»*, A Coruña, Spain, June 19-21, 2024, article № 6, pp. 1-5. doi: [10.1145/3657242.3658600](https://doi.org/10.1145/3657242.3658600).
- [7] A. Jamil, and G. Denes, "Investigating Color-Blind User-Interface Accessibility via Simulated Interfaces," *Computers*, vol. 13(2), article 53, 2024. doi: [10.3390/computers13020053](https://doi.org/10.3390/computers13020053).
- [8] Y. Zhang, Y. Hu, J. Tan, R. Ma, F. Si, and Y. Yang, "Do color enhancement algorithms improve the experience of color-deficient people? An empirical study based on smartphones," *Frontiers in Neuroscience*, vol. 18, pp. 01-10, 2024. doi: [10.3389/fnins.2024.1366541](https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1366541).
- [9] G. Machado, M. Oliveira, and L. Fernandes, "A Physiologically-Based Model for Simulation of Color Vision Deficiency," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 15, iss. 6, pp. 1291-1298, 2009. doi: [10.1109/TVCG.2009.113](https://doi.org/10.1109/TVCG.2009.113).
- [10] Chomu potribna linearyzatsiya? [Why linearization is needed] [Online]. Available: <https://developer.nvidia.com/gpugems/gpugems3/part-iv-image-effects/chapter-24-importance-being-linear>. Accessed on: May 19, 2014. (Ukr)
- [11] How to interpret the sRGB color space (specified in IEC 61966-2-1) for ICC profiles. [Online]. Available: <https://www.w3.org/Graphics/Color/srgb>. Accessed on: August 15, 2025.
- [12] What Is CIELAB Color Space? [Online]. Available: <https://www.hunterlab.com/blog/what-is-cielab-color-space/>. Accessed on: August 15, 2025.
- [13] Miscellaneous Image Transformations. [Online]. Available: [https://docs.opencv.org/4.x/d7/d1b/group\\_imgproc\\_misc.html#ga45f9e83fca77c21c6174e9d554f3e0a8](https://docs.opencv.org/4.x/d7/d1b/group_imgproc_misc.html#ga45f9e83fca77c21c6174e9d554f3e0a8). Accessed on: August 20, 2025.
- [14] Color Vision Simulator. [Online]. Available: <https://pilestone.com/pages/color-blindness-simulator>. Accessed on: August 21, 2025.

Стаття надійшла 30.09.2025

Стаття прийнята 14.10.2025

Стаття опублікована 30.10.2025

**Цитуйте цю статтю як:** Проніна О. І., П'ятикоп О. Є., Перцев Є. А. Розробка інструменту корекції кольорів для користувачів із порушенням кольоро-сприйняття. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2025. Вип. 51. С. 32-39. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.51.2025.344598>.