



УДК 004.42:612.845

# СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ ВИЗНАЧЕННЯ КОЛЬОРІВ

## DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE DETECTION OF COLORS DETECTION ANOMALIES

Мельников О.Ю.<sup>1</sup>, Канішев В. О.<sup>2</sup>Melnykov O.Yu.<sup>1</sup>, Kanishev V. O.<sup>2</sup><sup>1,2</sup>Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk, UkraineORCID: <sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-2701-8051> <sup>2</sup><https://orcid.org/0009-0007-8566-5034>E-mail: <sup>1</sup>[alexandr@melnikov.in.ua](mailto:alexandr@melnikov.in.ua), <sup>2</sup>[kanysevvlad@gmail.com](mailto:kanysevvlad@gmail.com)

Copyright © 2024 by author and the journal “Automation of technological and business – processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

DOI: 10.15673/atbp.v16i3.2921

**Анотація.** Робота присвячена створенню спеціалізованої системи для виявлення дальтонізму. Наведено визначення цієї хвороби, її різновиди та характерні риси кожного з них. Розглянуті методи для визначення дальтонізму – метод поліхроматичних таблиць Юхима Рабкіна, метод Сінобу Ісіхара, метод Юстової. Проаналізовано наявні додатки та інтернет-сайти для проходження тестування щодо наявності аномалій визначення кольорів, їхні переваги та недоліки. Поставлено задачу створити спеціалізовану систему підтримки прийняття рішень для виявлення аномалій визначення кольорів, яка повинна містити два застосунки: додаток-тестування, головною задачею буде виявлення хвороби та її видів за допомогою проходження тестів, та додаток-гра, що буде виявляти проблеми з кольірним сприйняттям за допомогою переставляння карток по полю програми. Наведено математичні формули опису процесу тестування та розрахунку результатів, а також створення зображень для тестування. Створено інформаційну модель системи мовою моделювання UML, наведено можливості проєктованої системи у вигляді діаграми варіантів використання та структури обох частин системи у вигляді двох діаграм класів – для додатка-тестування та додатка-гри.

Описано можливості нової системи, що дозволяє одночасно використовувати низку різних тестів і діагностувати різновиди кольірних аномалій, має розподілення користувачів на «Admin» та «User», вкладки з тестами, налаштуваннями та результатами, вибір тестування та кількості запитань, а також випадковий порядок їхнього надходження. Показано приклади роботи системи з налаштуваннями для адміністратора та користувача, приклади проходження тестування та аналізу результатів.

**Abstract.** The work is devoted to the creation of a specialized system for detecting color blindness. The definition of this disease, its varieties, and the characteristic features of each of them are given. The methods considered for determining color blindness are Yukhim Rabkin's method of polychromatic tables, Shinobu Ishihara's method, and Yustova's method. The available applications and Internet sites for testing for color vision anomalies and their advantages and disadvantages were analyzed. The task is to create a specialized decision-making support system for detecting anomalies in color perception, which should contain two applications: a testing application, the main task of which will be to identify the disease and its types by passing tests, and a game application, which will detect problems with color perception by rearranging the cards on the field of the program. Mathematical formulas for describing the testing process, calculating results, and creating images for testing are given. An information model of the system was created in the UML modeling language. The capabilities of the designed system are given in the form of a diagram of use cases, and the structure of both parts of the system is given in the form of two class diagrams - for a testing application and a game application.

The capabilities of the new system are described, which allows the simultaneous use of a number of different tests and the diagnosis of various color anomalies. It also has the division of users into "Admin" and "User", tabs with tests, settings and results, the choice of testing and the number of questions, as well as the random order of their arrival. Examples of system operation with settings for the administrator and user, as well as examples of testing and analysis of results, are shown.

**Ключові слова:** дальтонізм, дейтранопія, картки Рабкіна, тританопія, uml діаграми, види дальтонізму.

**Key words:** color blindness, deutranopia, Rabkin cards, tritanopia, UML diagrams, types of color blindness.



**Вступ.** Дальтонізм (колірна сліпота) – це спадкова, рідше набута, особливість зору людини, що виражається в зниженій здатності або повній нездатності бачити або розрізняти всі або деякі кольори [1–2]. Нині від дальтонізму у світі страждає 8% чоловіків і 0,5% жінок. Основною причиною хвороби є генетичний фактор, коли дефектний ген зчеплений з X-хромосомою. У рідкісних випадках зустрічається набута форма дальтонізму, причиною якої може бути травма, патології зорового нерва, природний процес старіння організму. Як правило, хворі на дальтонізм не здатні розрізнити такі кольори, як червоний, синій і зелений. У деяких випадках втрачається можливість сприйняття жовтого або синього кольору. Найважчою формою розладу є повна відсутність колірного зору, коли пацієнт не здатний розрізнити будь-який колір і сприймає реальність у чорно-білих тонах.

Проблема кольорової аномалії є вагомою, адже через неї люди стикаються з певними проблемами у житті. Вони можуть плутати речі, які мають однакову форму і відрізняються лише кольором. Можуть стикатися з непорозумінням при спілкуванні з друзями чи колегами, описуючи якийсь предмет або його колір. Особливо це стосується дітей, які ходять в садочок або школу, адже через неправильне сприйняття кольорів у певних випадках вони можуть стикатися з булінгом від своїх однокласників або одногрупників, навіть не розуміючи причини, адже можуть просто не знати, що у них є кольорова хвороба. Щоб людина менше стикалася з такими проблемами та мала розуміння що в неї є проблеми з визначенням кольорів, використовуються різні засоби виявлення хвороби. Для цього створюються додатки на основі тестування та гри, в яких використовуються спеціальні картки, що визначають дальтонізм та його види, а також додаються та генеруються спеціальні кольори, за якими перевіряється наявність аномалій.

**Аналіз літературних даних і постановка проблеми.** Існує три види дальтонізму (рис. 1):

- дейтеранопія (проблема в розрізненні зеленого кольору та його відтінків);
- протанопія (проблема в розрізненні червоного кольору та його відтінків);
- тританопія (проблема в розрізненні кольорів синьо-фіолетового спектра).



**Рис. 1 – Види дихромазії**  
**Fig. 1 – Types of dichromasia**

Окрім трьох зазначених уроджених патологій, є також набуті патології кольорового зору [3]. Для виявлення видів відхилень існують спеціальні малюнки-картки. Протанопи на них бачать одну фігуру, а дейтранопи – іншу. Або протанопи з дейтранопами, саме як і здорові люди, бачать одне число, а люди з набутою патологією кольорового зору його не бачать.

Методом для визначення дальтонізму є тести за методиками Юхима Рабкіна [4–5], Ісіхари тощо.

Метод поліхроматичних таблиць Юхима Рабкіна засновано на загальноприйнятих розладах колірної зору та дозволяє з високою точністю визначити вроджену чи набуту патологію навіть у дітей 2-4 років. Таблиці складають кружечки різного кольору, які розташовані таким чином, що утворюють цифру або яку-небудь геометричну фігуру. Якщо є порушення кольоровідчуття, досліджуваний бачить приховані цифри, які при нормальному кольоросприйнятті не видимі, або не бачить зображення, які видно при нормальному кольоросприйнятті. Картинки демонструють при денному освітленні у випадковому порядку з відстані приблизно 0,5-1,0 м, час експозиції – 5 секунд [6]. Приклад таблиць показаний на рис. 2.

Усього для розпізнавання кольорової хвороби налічується 27 таблиць. За допомогою цього методу можна визначити чи є у пацієнта дейтранопія або протанопія, але тританопію за допомогою тесту визначити неможливо. Проте, використовуючи ці таблиці, можна визначити набуту аномалію кольорового сприйняття.

Наступним методом визначення дальтонізму є метод японського офтальмолога Shinobu Ishihara [7]. Людина повинна прочитати текст, що складається із барвистих плям. За результатами офтальмологи та окулісти можуть зробити висновки про наявність або відсутність хвороби. Також Ісіхара створив свої таблиці для розпізнавання хвороби – вони мають принцип роботи, схожий з таблицями Рабкіна. Тест зроблено монокулярно і, поки з'являється одна з карток, пацієнт має назвати офтальмологу число, яке він на ній бачить. Для постановки діагнозу необхідно, щоб хворий спостерігав не менше 20 аркушів. Якщо пацієнт визначив 17 номерів, то вважається, що



ваш зір здоровий. Коли пацієнт бачить менше ніж 13 цифр, то вважається дальтоніком. Приклад картинок показаний на рис. 3.



Рис. 2 – Приклад таблиць Рабкіна  
Fig. 2 – An example of Rabkin's tables

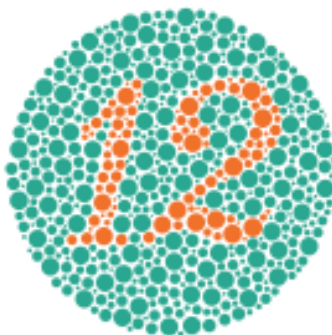


Рис. 3 – Приклад зображення Ісіхара  
Fig. 3 – An example of an Ishihara image

Останнім методом є тест Юстової [8]. Цей набір містить 12 карток, пронумерованих як 1 – 4 для виявлення порушень червоного кольору, 5 – 8 для виявлення важких порушень кольорового зору (без зеленого барвника), 9 – 11 для виявлення людей, які не бачать синього кольору, і 12 черно-білих карток для читання літер. Кожна картка має форму таблиці з рівною кількістю квадратів (по шість) по вертикалі та горизонталі; десять квадратів зафарбовані не так, як інші, і мають форму квадрата з проміжком з одного боку. Завдання досліджуваного – визначити, з якого боку квадрата є пропуск. Чим більше число на картці, тим більша різниця між кольором літери (квадрата і літери "P") і квадратів того ж кольору, що складають фон. У таблицях для тританопії та протанопії порого становлять 5, 10, 20 і 30 відповідно, в міру збільшення числа. Картки з 9 по 11 для тританопії мають порого 5, 10 і 15. Приклад тесту Юстової показаний на рис. 4.

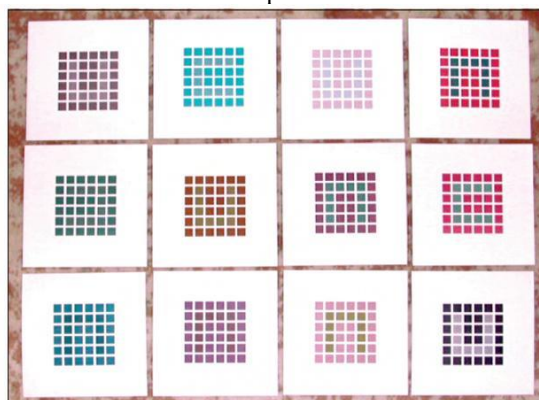


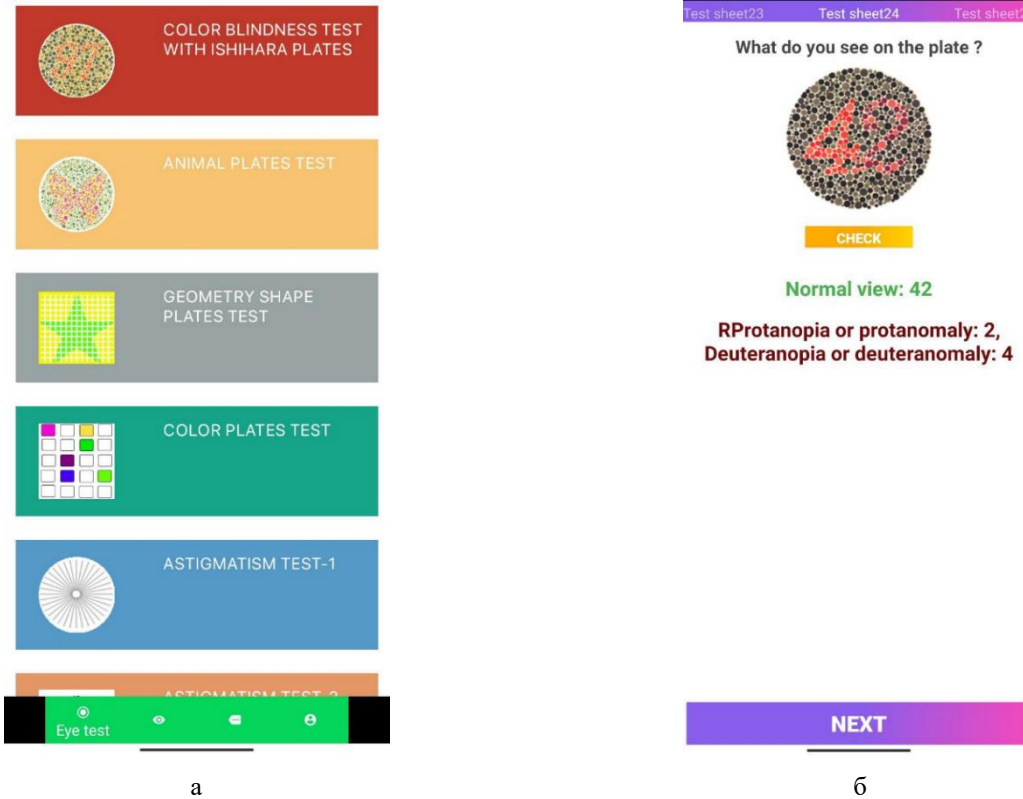
Рис. 4 – Метод Юстової  
Fig. 4 – Yustova's method

Додатки для визначення дальтонізму не дуже багато, найпоширенішим є «Color Blind Test» – рис. 5a [9]. Він пропонує багато варіацій панелей для визначення хвороби, багато різних тестів. Якщо у вас є якісь відхилення з кольоросприйняттям, програма повідомить вам, з якими кольорами у вас проблеми. Якщо при проходженні питання натиснути на кнопку «Check», можна дізнатися правильну відповідь, а також, що бачать люди з видами



<http://www.atbp.ontu.edu.ua/>

дальтонізму – рис. 5б. Додаток має також недоліки. Виконуючи тест, кожного разу треба проходити усі питання (не можна вибрати кількість питань), кожного разу питання та відповіді йдуть в однаковому порядку, застосунок підтримує лише англійську мову, застосунок не може визначити вид дальтонізму після проходження тесту.



а

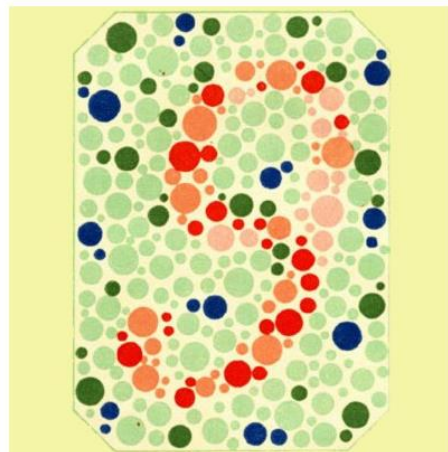
б

**Рис. 5 – Color Blind Test**  
**Fig. 5 – Color Blind Test**

Можна знайти певну кількість сайтів, за допомогою яких людина може визначити, чи є в неї дальтонізм. Перевагою сайту «Тест на дальтонізм онлайн. Таблиця Рабкіна Новий Зір» [10] є те, що людина сама вводить відповідь, що дає змогу виключити можливість вгаданої відповіді, але можливість вводу є тільки для цифр, варіантів самостійного вводу з фігурами немає..

Запитання 2 з 13

Яке число або числа ви бачите?



Ваша відповідь

9

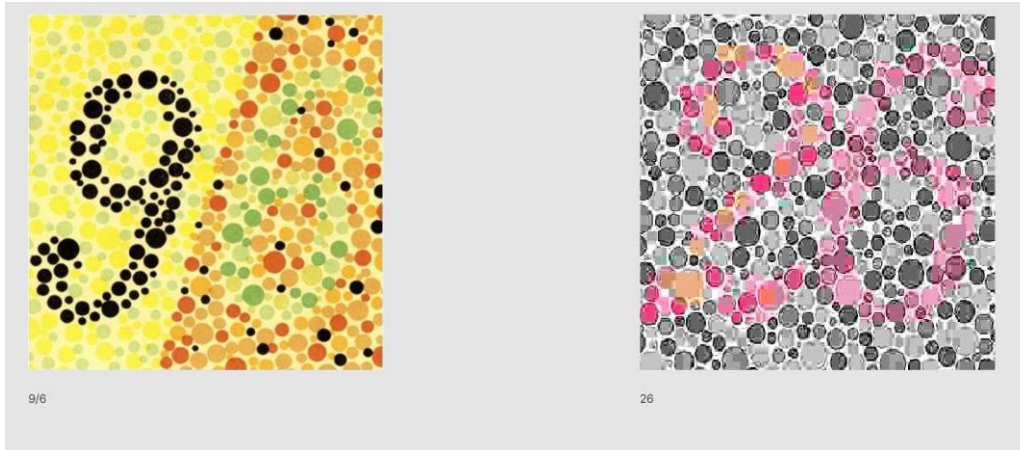
Відповісти

**Рис. 6 – Робота сайту zir.com.ua**  
**Fig. 6 – Operation of the zir.com.ua site**

Також недоліком даного сайту є те, що питання йдуть в одному й тому ж самому порядку – рис. 6

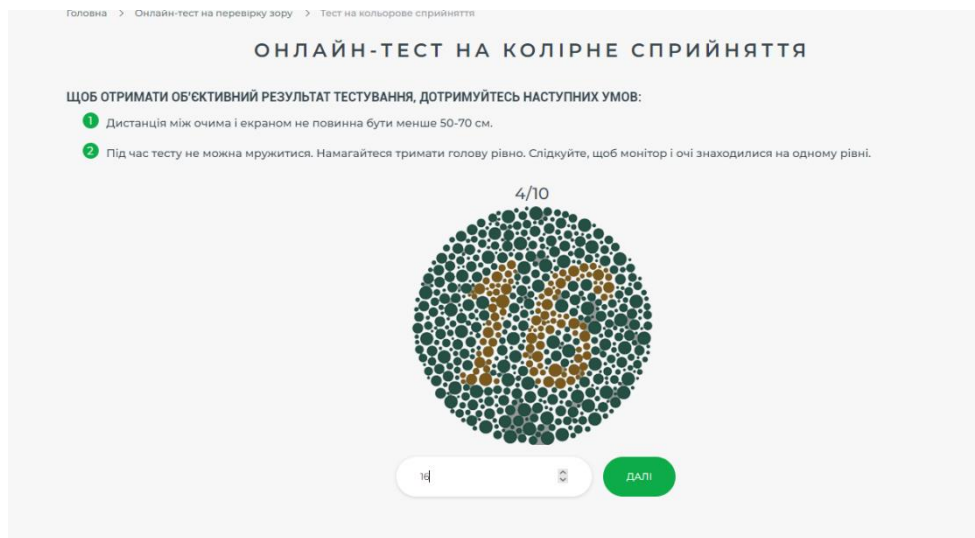
<http://www.atbp.ontu.edu.ua/>

На сайті [11] немає онлайн перевірки. Є лише шість картинок, нижче над якими написані відповіді для самоперевірки. Це є його найбільшим мінусом, оскільки людина може дивитися на відповіді та «брехати» сама собі. Також мінусом є кількість картинок та їх погана якість. Приклад – на рис. 7.



**Рис. 7 – Робота сайту perevirka-zoru-onlajn**  
**Fig. 7 - The work of the vision check-online site**

Перевагою сайту [12] є те, що можна самому вписувати відповіді на запитання. Мінусами є те, що в даному тесті є лише питання на цифри, тобто перевірки за фігурами немає. Приклад тесту показаний на рис. 8.



**Рис. 8 – Робота сайту luxoptica.ua**  
**Fig. 8 – Operation of the luxoptica.ua website**

**Постановка задачі та проєктування системи.** Поставлено задачу створити спеціалізовану систему підтримки прийняття рішень для виявлення аномалій визначення кольорів. Створювана система буде містити два застосунки. Першим буде додаток-тестування, головною задачею буде виявлення хвороби та її видів за допомогою проходження тестів. Другим буде додаток-гра, він буде виявляти проблеми з колірним сприйняттям за допомогою переставляння карток по полю програми.

Для виявлення відсутності або наявності кольорових аномалій  $D$  буде використовуватись наступна формула:

$$D = \{d_0 / d_i\}, i = 1..N_{ann} , \quad (1)$$

де  $d_0$  – відсутність будь-яких аномалій;

$d_i$  – наявність певних проблем із визначенням кольору;

$N_{ann}$  – кількість можливих аномалій з визначення кольорів.

$n = 4$ , оскільки є три види уроджених патологій (дейтранопія – проблема в розрізненні зеленого кольору та його відтінків, протанопія – проблема в розрізненні червоного кольору та його відтінків, тританопія – проблема в розрізненні кольорів синьо-фіолетового спектра), а також придбані патології кольорового зору.

Методами для визначення дальтонізму можуть виступати тести за методиками Юхима Рабкіна, Ішіхара тощо. В будь-якому випадку використовуються спеціальні зображення, на яких протанопи можуть бачити одну фігуру або цифру, а дейтранопи – іншу. Або протанопи та дейтранопи разом зі здоровими людьми бачать одне число, в той час, як люди з набутою патологією кольорового зору його не бачать.



Алгоритми створення зображень можуть бути різними, але основна ідея полягає у зміні кольорів пікселів зображення таким чином, щоб вони ставали більш розрізними для людей з дальтонізмом. Зазвичай використовуються формули, які перетворюють значення RGB-кольорів в нові значення, що підсилюють контрастність та виділяють деталі. Одна з поширених формул для створення картинок Рабкіна використовує метод додавання синього кольору до інших компонентів RGB [13–14]:

$$R' = R + 0.2 \cdot B, \quad (2)$$

$$G' = G + 0.2 \cdot B, \quad (3)$$

$$B' = B. \quad (4)$$

У цій формулі значення каналів R і G збільшуються на певний коефіцієнт, який залежить від значення каналу B. Це допомагає людям з дальтонізмом краще розрізнити кольори.

Можна скористатися формулами для зменшення видимості червоного (5) або зеленого (6) кольору для дальтоніків [15]:

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.567 & 0.433 & 0.000 \\ 0.558 & 0.442 & 0.000 \\ 0.000 & 0.242 & 0.758 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.625 & 0.375 & 0.000 \\ 0.700 & 0.300 & 0.000 \\ 0.000 & 0.300 & 0.700 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (6)$$

Створимо модель для проходження тестування. Кожне питання, позначене як  $Q_i$ , має набір відповідей  $A_{ij}$ . Серед цих відповідей одна є «правильною» і вказує на здорову людину. Інші відповіді можуть бути або «неправильними», що вказує на можливі кольорові аномалії, але їхній тип не відомий і потребує уточнення, або вказують на певні патології. Крім того, кожна відповідь може мати свою вагу, позначену як  $V_{ijk}$ .

$$Q_i = \{A_{ij}\}, i = 1..N_{qs}, j = 1..N_{i\ ans}, \quad (7)$$

$$A_{ij} = \{V_{ijk}\}, j = 1..N_{i\ ans}, k = 0..N_{ann}, \quad (8)$$

де  $N_{qs}$  – кількість питань у тесті;

$N_{i\ ans}$  – кількість відповідей на  $i$ -те питання;

$N_{ann}$  – кількість можливих аномалій з визначення кольорів.

Як правило:

$$V_{ijk} = \{0/1\}, \quad (9)$$

але теоретично вага може відрізнятись від нуля та одиниці.

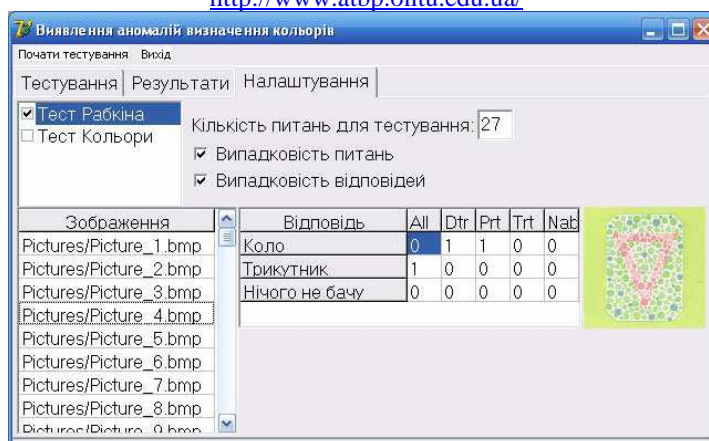
Таким чином, після проходження тесту ми отримуємо список підсумованих балів за кожною аномалією, представлений у відсотковому форматі:

$$D_i = \frac{\sum \{V\}}{N_{qs}} 100\%, i = 0..N_{ann}. \quad (10)$$

Аналіз отриманих результатів потребує додаткового вивчення. Можна зробити висновки, що у випадку  $D_0 = 100\%$  користувач не має жодних проблем з визначенням кольорів. У випадку наявності аномалій визначається  $\max D_i, i = 1..N_{ann}$ .

Можливості проєктованої системи у вигляді діаграми варіантів використання [16] показано на рис. 9, структури обох частин – у вигляді діаграм класів для додатка-тестування (рис. 10а) та додатка-гри (рис. 10б).

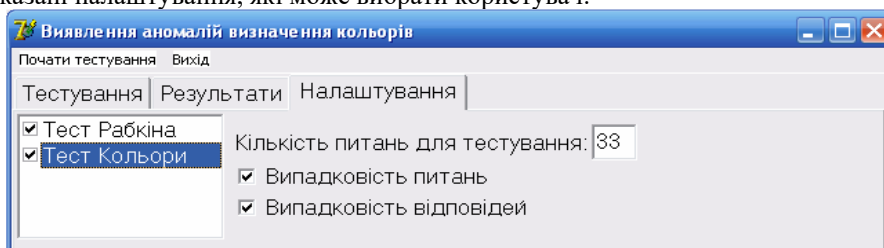




**Рис. 11 – Налаштування для адміністратора**

**Fig. 11 – Settings for the administrator**

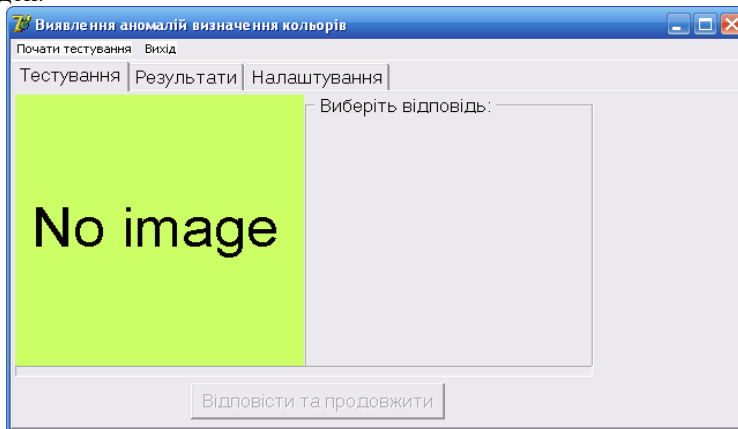
На рис. 12 показані налаштування, які може вибрати користувач:



**Рис. 12 – Налаштування для користувача**

**Fig. 12 – User settings**

На рис. 13 показана вкладка з тестуванням до того, як почеться тест. На ній знаходиться картинка, кнопка, а також поле для відповідей.



**Рис. 13 – Вкладка «Тестування» перед початком**

**Fig. 13 - "Testing" tab before starting**



**Рис. 14 – Вкладка «Тестування» під час його проходження**

**Fig. 14 – The "Testing" tab during its passage**

На рис. 14 зображено вигляд тестування після початку його проходження:



Результат – таблиця, що містить інформацію як у цілому про кількість та відсоток правильних відповідей, так і кількість визначень кожного виду відхилення – рис. 15.

1	2
Ваш результат:	9
у %:	33.333%
Наявність дейтеранопії:	5
Наявність протанопії:	6
Наявність тританопії:	0
Набуті відхилення:	4

Рис. 15 – Вкладка з результатами

Fig. 15 – Tab with results

Користувач має можливість завантажувати дані у спеціальні файли: «Daltonism\_list.dat» – перелік та назви тестів; «<Назва>.dat» – перелік посилань на графічні файли та перелік варіантів відповідей з балами за кожною. Також особливістю роботи є можливість одночасного використання як наявних тестів (Рабкіна), так і власне створених.



Рис. 16 – Вкладка «Гра»

Fig. 16 - "Game" tab

Друга частина системи [21] містить чотири основні вкладки: «Головна», «Гра», «Інформація», «Результати». На вкладці «Гра» перед користувачем з'являється обрана ним кількість картинок різного кольору. Також на полі є блоки з назвами кольорів та кнопка «Дізнатися результат». Для завершення гри потрібно переставити усі картинки по відповідних блоках та натиснути кнопку. Після цього програма повернеться на головну та видасть результат у вигляді кількості правильних відповідей і тексту, в якому програма оцінить якість вашого зору або порадить пройти тест на дальтонізм та звернутися до спеціаліста (рис. 16 – 17).

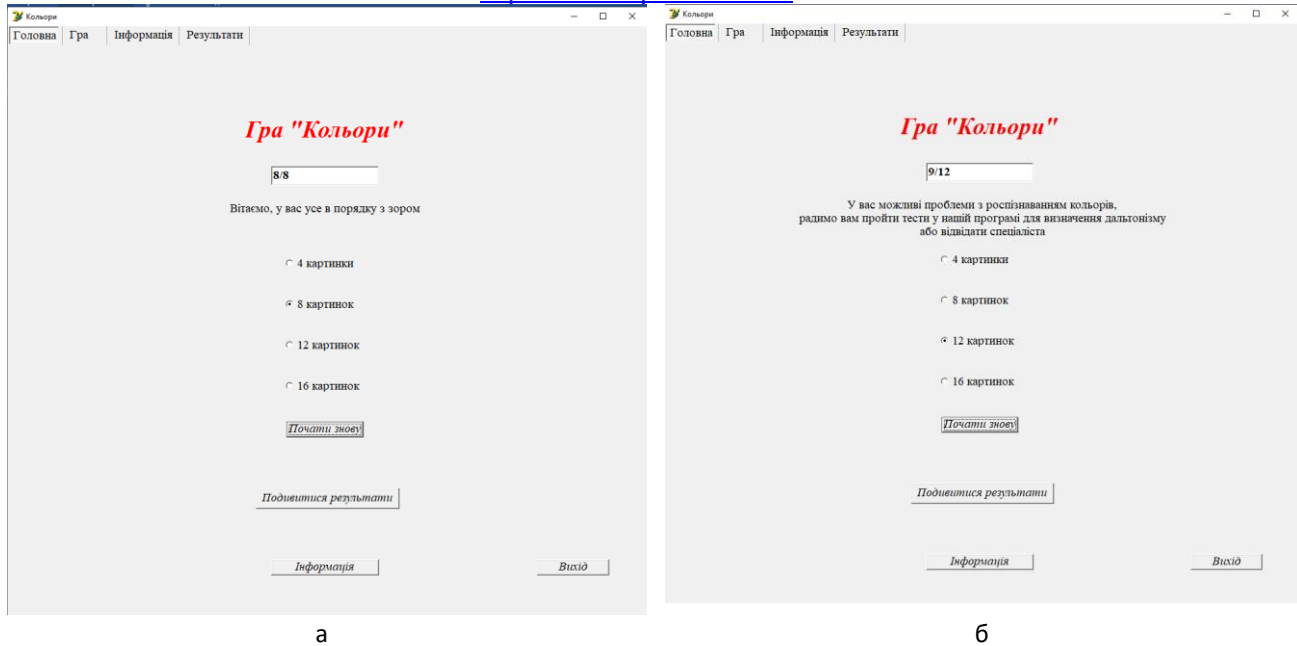


Рис. 17 – Отримання результатів  
Fig. 17 – Obtaining results

**Висновки.** Була створена система підтримки прийняття рішень для виявлення аномалій визначення кольорів на основі методу Рабкіна, а також розробленого методу отримання результату. При проходженні тесту користувач може не тільки зрозуміти, що у нього є кольорова хвороба, а й визначити вид захворювання. Надані приклади інтерфейсу системи, а також варіанти проходження та виведення результату.

#### Список використаних джерел

- [1]. Дальтонізм [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Дальтонізм>
- [2]. You'll Be Amazed How People With Color Blindness See The World [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.boredpanda.com/different-types-color-blindness-photos>
- [3]. Все про зір [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://kompendium.com.ua/ua/1081-tabliza-rabkina.html>
- [4]. Shinobu Ishihara [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Shinobu\\_Ishihara](https://en.wikipedia.org/wiki/Shinobu_Ishihara)
- [5]. Методи діагностики та профілактики дальтонізму [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/navchalniy-proekt-z-biologi-metodi-diagnostiki-ta-profilaktiki-daltonizmu-metodiko-genetichne-konsultuvannya-cie-hvorobi-268938.html>
- [6]. Color Blindness Test: Ishihara [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.divinememorygames.ishihara.color.blindness.test&hl=en\\_US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.divinememorygames.ishihara.color.blindness.test&hl=en_US)
- [7]. Тест на дальтонізм [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://novyizir.ua/test-na-daltonizm/>
- [8]. Онлайн тест на визначення дальтонізму [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ochiclinic.com.ua/perevirka-zoru-onlajn/test-na-viznachennya-daltonizmu/>
- [9]. Онлайн-тест на колірне сприйняття [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://luxoptica.ua/ua/tests/color/>
- [10]. Andrew Stockman, Lindsay T. Sharpe. Human cone spectral sensitivities: a progress report // *Vision Research*. 1998. V. 38. Issue 21. P.3193–3206. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(98\)00060-1](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(98)00060-1)
- [11]. Ruderman D. L., Cronin T. W., Chiao C. C. Statistics of cone responses to natural images: implications for visual coding // *Journal of the Optical Society of America A*. 1998. №15. P.2036–2045.
- [12]. Мельников О. Ю. Об'єктно-орієнтований аналіз і проектування інформаційних систем: посібник для студентів спеціальностей «Системний аналіз» та «Інформаційні системи та технології». Вид. 3-є, перероб. та доп. Краматорськ: ДДМА. 2020. 208 с.
- [13]. Канішев В. О., Мельников О. Ю. Постановка задачі розробки програмного забезпечення для проведення тестування на дальтонізм // *Молодь і наука: виклики та перспективи: збірник тез наукової конференції молодих вчених 16 грудня 2021 р.* Краматорськ: Донецька обласна державна адміністрація, Рада молодих вчених при Донецькій облдержадміністрації. 2021. С. 142–143.
- [14]. Мельников О. Ю., Канішев В. О. Розробка програмного забезпечення для виявлення кольороаномалій // *Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції.* Черкаси. 2022. С. 53–55.
- [15]. Мельников О. Ю., Канішев В. О. Постановка задачі вдосконалення програмного забезпечення для виявлення кольороаномалій шляхом діагностування його різновидів // *Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій. Матеріали XXIII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів.* Одеса, 20-21 квітня 2023 р. Одеса, Видавництво ОНТУ. 2023. С. 439–441.



- [16]. Канішев В. О., Мельников О. Ю. Математичне моделювання виявлення аномалій визначення кольорів // Наукові досягнення та відкриття сучасної молоді [Електронний ресурс] : зб. матер. II Всеукр. наук. конф. студ. та молодих вчених (Луцьк, 31 трав. 2023 р.) / Держ. вищ. навч. заклад «Донецький національний технічний університет». Луцьк : ДВНЗ «ДонНТУ». 2023. С. 40–43
- [17]. Канішев В. О., Мельников О. Ю. Додаток для оцінювання здібності користувача визначити належність відтінку кольору певній категорії // Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні: матеріали VI Всеукраїнської наук.-практ. Інтернет-конф. здобувачів вищої освіти та молодих вчених (30 листопада 2023 р., м. Хмельницький, м. Херсон) / за ред. А. А. Григорової. Херсон: Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В. С.. 2023. С. 177–180.

## References

- [1]. Daltonizm [Electronic resource] – <https://uk.wikipedia.org/wiki/Дальтонізм>
- [2]. Daltonizm: voprosy i otvety [Electronic resource] – <https://doc.ua/news/articles/daltonizm-voprosy-i-otvety>
- [3]. You'll Be Amazed How People With Color Blindness See The World [Electronic resource] – <https://www.boredpanda.com/different-types-color-blindness-photos>
- [4]. Proverka cvetooshusheniya po tablicam Rabkina onlajn s otvetami [Electronic resource] – <https://zrenue.com/besplatnaya-proverkazreniya/894-proverka-czvetooshushheniya-po-tabliczam-rabkina-onlajn-sotvetami.html>
- [5]. Test na daltonizm. Tablica Rabkina (polnoe opisaniye) [Electronic resource] – [http://www.opticaveko.com/stat\\_i/test\\_na\\_dal\\_tonizm\\_tablica\\_rabkina\\_polnoe\\_opisaniye/](http://www.opticaveko.com/stat_i/test_na_dal_tonizm_tablica_rabkina_polnoe_opisaniye/)
- [6]. Vse pro zir [Electronic resource] – <http://kompndium.com.ua/ua/1081-tabliza-rabkina.html>
- [7]. Shinobu Ishihara [Electronic resource] – [https://en.wikipedia.org/wiki/Shinobu\\_Ishihara](https://en.wikipedia.org/wiki/Shinobu_Ishihara)
- [8]. Metody diagnostyki ta profilaktyki daltonizmu [Electronic resource] – <https://naurok.com.ua/navchalniy-proekt-z-biologi-metodi-diagnostiki-ta-profilaktiki-daltonizmu-metodiko-genetichne-konsultuvannya-cie-hvorobi-268938.html>
- [9]. Color Blindness Test: Ishihara [Electronic resource] – [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.divinememorygames.ishihara.color.blindness.test&hl=en\\_US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.divinememorygames.ishihara.color.blindness.test&hl=en_US)
- [10]. Test na daltonizm [Electronic resource] – <https://novyizir.ua/test-na-daltonizm/>
- [11]. Onlajn test na vyznachennya daltonizmu [Electronic resource] – <https://www.ochiclinic.com.ua/perevirka-zoru-onlajn/test-na-vyznachennya-daltonizmu/>
- [12]. Onlajn-test na kolorne spryjnnyattya [Electronic resource] – <https://luxoptica.ua/ua/tests/color/>
- [13]. Maksimov P. V., Maksimova E. M., Gracheva M. A., Kazakova A. A., Kulagin A. S. Algoritm imitacii zreniya dihmromatov i ego primenenie dlya vyyavleniya anomalij cvetovospriyatiya // Sensornye sistemy. 2019. T. 33, № 3. S. 181–196. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0235009219030053>
- [14]. Andrew Stockman, Lindsay T. Sharpe. Human cone spectral sensitivities: a progress report // Vision Research. 1998. V. 38. Issue 21. P.3193–3206. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(98\)00060-1](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(98)00060-1)
- [15]. Ruderman D. L., Cronin T. W., Chiao C. C. Statistics of cone responses to natural images: implications for visual coding // Journal of the Optical Society of America A. 1998. №15. P.2036–2045.
- [16]. Melnykov O. Yu. Ob'yektno-oriyentovanyj analiz i proyektuvannya informacijnyx system: posibnyk dlya studentiv specialnostej «Systemnyj analiz» ta «Informacijni systemy ta texnologiyi». Vyd. 3-ye, pererob. ta dop. Kramatorsk: DDMA. 2020. 208 s.
- [17]. Kanishev V. O., Melnykov O. Yu. Postanovka zadachi rozrobky programnogo zabezpechennya dlya provedennya testuvannya na daltonizm // Molod i nauka: vyklyky ta perspektyvy: zbirnyk tez naukovoyi konferenciyi molodyx vchenyx 16 grudnya 2021 r. Kramatorsk: Doneczka oblasna derzhavna administraciya, Rada molodyx vchenyx pry Doneczkij obldderzhadministraciyi. 2021. S. 142–143.
- [18]. Melnykov O. Yu., Kanishev V. O. Rozrobka programnogo zabezpechennya dlya vyyavleniya koloroanomalij // Avtomatyzaciya ta komp'yuterno-integrovani texnologiyi u vyrobnyctvi ta osviti: stan, dosyagnennya, perspektyvy rozvytku: materialy Vseukrayinskoyi naukovo-praktychnoyi Internet-konferenciyi. Cherkasy. 2022. S. 53–55.
- [19]. Melnykov O. Yu., Kanishev V. O. Postanovka zadachi vdoskonalennya programnogo zabezpechennya dlya vyyavleniya koloroanomalij shlyaxom diagnostuvannya jogo riznovydiv // Stan, dosyagnennya ta perspektyvy informacijnyx system i texnologij. Materialy XXIII Vseukrayinskoyi naukovo-texnichnoyi konferenciyi molodyx vchenyx, aspirantiv ta studentiv. Odesa, 20-21 kvitnya 2023 r. Odesa, Vydavnyctvo ONTU. 2023. С. 439–441.
- [20]. Kanishev V. O., Melnykov O. Yu. Matematychnye modelyuvannya vyyavleniya anomalij vyznachennya koloriv // Naukovi dosyagnennya ta vidkryttya suchasnoyi molodi [Elektronnyj resurs] : zb. mater. II Vseukr. nauk. конф. студ. та molodyx vchenyx (Luczk, 31 trav. 2023 r.) / Derzh. vyshh. navch. zaklad «Doneczkij nacionalnyj texnichnyj universytet». Luczk : DVNZ «DonNTU». 2023. S. 40–43.
- [21]. Kanishev V. O., Melnykov O. Yu. Dodatok dlya ocinyuvannya zdibnosti korystuvacha vyznachaty nalezhnist vidtinku koloru pevnyj kategoriyi // Suchasni komp'yuterni systemy ta merezhi v upravlinni: materialy VI Vseukrayinskoyi nauk.-prakt. Internet-konf. zdobuvachiv vyshhoyi osvity ta molodyx vchenyx (30 lystopada 2023 r., m. Xmelnyckyj, m. Xerson) / za red. A. A. Grygorovoyi. Xerson: Knyzhkove vydavnyctvo FOP Vyshemyrskij V. S.. 2023. S. 177–180.

Отримана в редакції 26.07.2024. Прийнята до друку 17.08.2024. Received 26 July 2023. Approved 17 August 2024. Available in Internet 23 October 2024