

Maciej LASKOWSKI
Politechnika Lubelska, Instytut Informatyki

APLIKACJE SIECIOWE I MOBILNE JAKO ŹRÓDŁO DANYCH BIOMEDYCZNYCH

Streszczenie. W niniejszym artykule przedstawiono interaktywną metodę wykrywania zaburzeń widzenia barw (zwłaszcza dichromatyzmu), opartą na zestawie prostych aplikacji internetowych (w tym na platformach mobilnych), które mogą ułatwić zdiagnozowanie niektórych rodzajów ślepoty barw. Przedstawiono również analizę wyników uzyskanych podczas testów przeprowadzonych przy użyciu omawianej metody.

Słowa kluczowe: zaburzenie widzenia barw, HCI, ślepotą barw, systemy interaktywne

WEB AND MOBILE APPLICATIONS AS A SOURCE OF BIOMEDICAL DATA

Summary. An interactive method of detecting colorblindness (especially dichromacy) based of a set of simple internet applications (also for mobile platforms) is presented in this article. The results of tests conducted using described method are presented and discussed.

Keywords: colorblindness, HCI, color vision disorder, interactive systems

1. Wstęp

W większości udokumentowanych przypadków [1, 4, 12] osoby dotknięte zaburzeniem widzenia barw mogą prowadzić normalne życie, jako że zakłócone jest tylko postrzeganie barw, nie zaś sam wzrok. Ślepotą barw nie ma negatywnego wpływu na codzienne życie dotkniętej nią osoby. Nie zmienia to jednak faktu, że może uniemożliwiać wykonywanie pew-

nych czynności bądź mieć negatywny wpływ na interpretowanie i rozumienie sygnałów wizualnych opartych na kolorach.

Wiele osób nie jest świadomych posiadanej wady, często przez całe życie – standartowo testy dotyczące poprawnego rozpoznawania barw przeprowadzane są tylko w kilku przypadkach – np. w ramach badań wykonywanych przed pójściem do przedszkola lub szkoły podstawowej czy na kursie prawa jazdy [7]. Jednak nawet wtedy istnieje prawdopodobieństwo, że ślepotą barw zostanie niewykryta ze względu na niedokładnie bądź nieprawidłowo wykonane badanie.

Ślepotą barw jest nieuleczalna, choć określone typy barwnych filtrów i szkieł kontaktowych mogą wspomóc proces rozróżniania barw (ich praktyczne zastosowanie jest jednak znikome [7]). Z tego powodu wiele instytucji medycznych nie prowadzi spisów osób z zaburzeniem widzenia barw [6].

2. Ślepotą barw

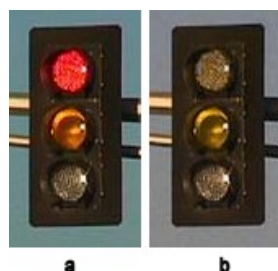
2.1. Typy i powody zaburzeń widzenia barw

Wyróżnia się trzy podstawowe typy zaburzeń widzenia barw:

- monochromatyzm – określane też jako całkowita ślepotą barw [10],
- dichromatyzm – zaburzenie rozpoznawania barw, związane z całkowitym brakiem jednego z trzech rodzajów czopków w siatkówce oka [3]. Wyróżniane są trzy typy dichromatyzmu:
 - protanopia – forma zaburzeń widzenia barw czerwonej i zielonej, spowodowana przez całkowity brak czerwonych fotoreceptorów w siatkówce oka [3]. Osoby dotknięte protanopią mogą mylić czerwienie z odcieniami czerni bądź ciemnych szarości lub odbierać te kolory jako wygaszone [3, 9] (patrz rys. 1);
 - bideuteranopia – forma zaburzeń widzenia barw zielonej i czerwonej, spowodowana przez całkowity brak zielonych fotoreceptorów w siatkówce oka [3]. Osoby z deuteranopią mają podobne problemy z rozróżnianiem odcieni barw jak osoby dotknięte protanopią, jednak bez anormalnego obniżenia poziomu jasności;
 - tritanopia – forma zaburzeń widzenia barw żółtej i niebieskiej, spowodowana przez całkowity brak niebieskich fotoreceptorów [3]. Jest najrzadszą formą dichromatyzmu [4].
- nieprawidłowy trichromatyzm – obniżenie percepcji nasycenia (w niektórych przypadkach także jaskrawości) jednej z barw (czerwonej, zielonej bądź niebieskiej) [3].

Ślepotą barw jest zazwyczaj dziedziczna i dotyka głównie mężczyzn (z wyjątkiem tritanopii, która dotyka w zbliżonym stopniu obydwie płcie) [4], jednak może być także spowo-

dowana przez chorobę (np. cukrzycę [7]), uraz [6] lub substancje chemiczne (np. niektóre narkotyki [7]).



Rys. 1. Sygnalizacja świetlna widziana przez: a) osobę z normalnym widzeniem barw, b) osobę z protanopią (źródło: [9])

Fig. 1. Traffic lights as seen by: a) a person with normal color vision, b) a protanope (source: [9])

Na podstawie dostępnych danych [4, 11] szacuje się, że około 9,3% mężczyzn i 0,5% kobiet (w sumie około 5% całej populacji) posiada zaburzenia widzenia barw.

2.2. Ekonomiczne i prawne aspekty powiązane z zaburzeniami widzenia barw

Ślepotą barw może uniemożliwić pracę w zawodach, w których prawidłowe postrzeganie barw jest powiązane z bezpieczeństwem pracy (np. pilota lub zawodowego kierowcy) bądź jest istotne z punktu widzenia samej pracy (np. w przypadku malarza lub projektanta).

Niekiedy ograniczenie to jest narzucane przez prawo – np. prawodawstwo niektórych krajów nie pozwala osobom z zaburzeniem widzenia barw starać się o prawo jazdy lub licencję pilota [7]. Osoba prowadząca pojazd powinna być w stanie rozpoznać (i rozróżnić) sygnały oparte na barwach, takie jak światła drogowe bądź ostrzegawcze [4]. W literaturze [np. 7, 12] przyjmuje się, że ograniczenia te wynikają z XIX-wiecznej katastrofy kolejowej w Szwecji, która została spowodowana przez inżyniera posiadającego zaburzenie widzenia barw.

Analizując problematykę osób z zaburzeniami widzenia barw, należy wziąć po uwagę także aspekty związane z dostępem tych osób do usług i informacji (np. opublikowanych w Internecie), zarówno z powodów prawnych, jak i ekonomicznych.

Prawodawstwo wielu krajów świata gwarantuje równy dostęp do informacji opublikowanych w Internecie wszystkim swoim obywatelom [2]. Przykładowo, na mocy dyrektywy eEurope 2002, wszystkie jednostki organizacyjne państw członkowskich UE są zobligowane do zapewnienia wszystkim swoim obywatelom dostępu do ich publicznych serwisów [10]. Co więcej, niektóre z krajów Unii Europejskiej wprowadziły bardziej szczegółowe (niekiedy bardziej restrykcyjne) regulacje dotyczące równości w dostępie do informacji publikowanych online, bez względu na jakiegokolwiek kryteria (np. wszelkiego rodzaju niepełnosprawności). Przykładem może być angielska ustawa *Disability Discrimination Act* z 1995 roku, która

każdą próbę dyskryminacji osób niepełnosprawnych w dostępie do informacji (zarówno w sektorze publicznym, jak i prywatnym) uznaje za przestępstwo [10].

Problematyka dostępu do informacji i usług online przez osoby niepełnosprawne (włączając osoby dotknięte ślepotą barw) powinna być brana pod uwagę również z powodów ekonomicznych – jeśli interfejs aplikacji lub strony WWW (np. sklepu internetowego) nie jest dopasowany do potrzeb użytkownika (np. używa nierozróżnianych przez niego zestawów barw), to taka osoba nie będzie z niej korzystać. To samo dotyczy reklamy elektronicznej – jeśli użytkownik nie jest w stanie zobaczyć bądź zrozumieć treści ogłoszenia, oznacza to stratę dla reklamodawcy. Według szacunków [4], straty w samej branży reklamy elektronicznej mogą sięgnąć w przypadku dużych serwisów nawet setek tysięcy dolarów rocznie.

Dostosowanie interfejsów witryn i aplikacji internetowych do potrzeb osób niepełnosprawnych jest, jak można więc wywnioskować, bardzo istotne. Jest jednak stosunkowo trudne, jako że nie istnieje skuteczna metoda symulowania ślepoty barw [2]. Oznacza to, że – w celu uzyskania najlepszych i najdokładniejszych wyników – każdy z projektowanych interfejsów powinien zostać przetestowany przez użytkowników mających zaburzenia widzenia barw. Niestety kontakt z takimi osobami jest znacząco utrudniony, ze względu na wspomniany wcześniej brak kartotek medycznych.

3. Metody zbierania danych do celów badawczych

Istnieje wiele różnych, zarówno legalnych, jak i nie, sposobów gromadzenia danych dotyczących osób z zaburzeniami widzenia barw. Każda z tych metod posiada swoje zalety oraz wady, które zostaną krótko scharakteryzowane poniżej.

Wszystkie klasyczne (i zgodne z prawem) metody gromadzenia danych są jawne i dobrowolne. Wiele z nich, np. ankieta, kwestionariusz czy też wywiad, opierają się na podejściu socjologicznym – badana osoba ma prawo odmówić udzielania odpowiedzi lub – może podać nieprawdziwe informacje. Co więcej, tego typu badania są zwykle czasochłonne – kwestionariusze i ankiety są zazwyczaj przeprowadzane w papierowej formie, dodatkowo są dość często ograniczone – respondenci są zobligowani do wybrania jednej lub kilku odpowiedzi spośród zdefiniowanego zestawu [5].

Pytania w wywiadzie są zazwyczaj otwarte, zaś odpowiedzi na nie są udokumentowane w postaci dokładnych notatek lub transkrypcji. Wywiad z założenia przeprowadzany jest osobiście przez badającego i badanego, co znacząco wydłuża czas badania w przypadku większej grupy respondentów i podwyższa znacząco jego koszty.

Jak zostało już wspomniane wcześniej, często niemożliwe jest wykorzystanie dokumentacji medycznej osób z zaburzeniem widzenia barw do celów badawczych (np. nawiązania kontaktu) ze względu na jej brak lub szczupły rozmiar.

Niektóre z metod gromadzenia danych, np. podszywanie się pod lekarza lub instalacja specjalistycznego oprogramowania do zbierania danych na komputerze, osoby z zaburzeniem widzenia barw są za niezgodne z obowiązującym prawem. Obie wspomniane metody są jednak nieskuteczne w przypadku osób ze ślepotą barw: pierwsza posiada takie same wady, jak klasyczny wywiad, podczas gdy druga wymaga dostępu do komputera takiej osoby (co samo w sobie wymaga wiedzy o zaburzeniu u niej widzenia).

4. Interaktywna metoda wykrywania zaburzeń widzenia barw

4.1. Opis metody badawczej

Nowa metoda badawcza powinna spełniać następujące wymagania:

- ankietowani powinni wypełniać test dobrowolnie, nie czując się jak podmiot badania naukowego;
- powinna umożliwiać dotarcie do jak największej grupy respondentów;
- powinna umożliwiać dalszy kontakt z ankietowanymi;
- powinna być tania i prosta w implementacji;
- wyniki badań powinny być analizowane i dostępne jak najszybciej.

Chcąc spełnić powyższe założenia, zaproponowano zestaw prostych gier (w technologii Flash lub Java), mogących posłużyć jako narzędzie do badania zaburzeń widzenia barw. Każda z gier powinna być zaprojektowana w sposób umożliwiający wykrywanie i rejestrowanie różnego rodzaju ślepoty barw, jednocześnie utrzymując gracza w nieświadomości, że jest badany tak długo, jak jest to możliwe.

Kolejnym istotnym problemem był wybór gier. Każda powinna spełniać następujące wymagania:

- uniwersalność – każdy z graczy może zagrać w grę niezależnie od wieku, płci, kultury czy używanego języka;
- prostota zasad – niezrozumienie zasad gry lub ich złożoność nie powinna mieć wpływu na wynik rozgrywki;
- łatwa implementacja elementów testujących – każda gra musi być łatwa do zmodyfikowania, tak aby możliwe było zastosowanie elementu testującego prawidłowość widzenia barw przy jednoczesnym przeświadczeniu gracza, że gra w „zwykłą” grę.

Biorąc pod uwagę wszystkie opisane powyżej cechy, zdecydowano się na dostosowanie do celów badania widzenia barw trzech prostych gier: *labirynt*, *statki* oraz *snake* (wąż). Zostaną one omówione poniżej.

4.2. Charakterystyka wybranych gier i ich modyfikacji

Wszystkie opisane poniżej gry zostały wykonane (na podstawie pomysłu autora) przez studentów Politechniki Lubelskiej na kierunku Informatyka, w ramach zajęć z przedmiotu projekt programistyczny, prowadzonych m.in. przez autora.

4.2.1. *Labirynt*

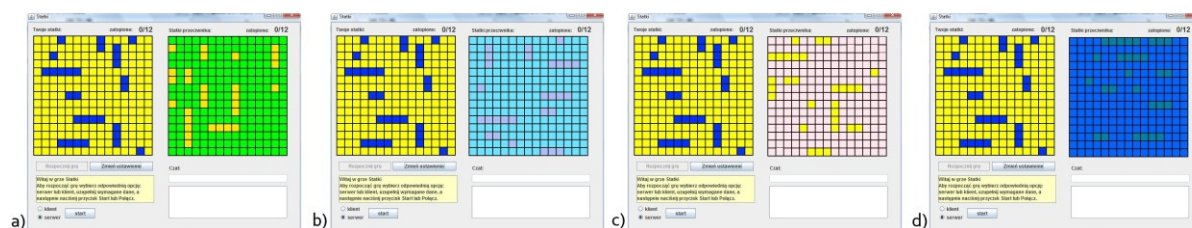
Labirynt jest jednym z najprostszych pomysłów na grę komputerową. Celem gracza jest wydostanie się z labiryntu. Im szybciej się to zrobi, tym więcej punktów się zdobywa.

Gra ta może posłużyć jako narzędzie wykrywające potencjalne zaburzenia widzenia barw, dzięki kilku prostym modyfikacjom. W jednej z opracowanych wersji gry gracz obserwuje labirynt z góry. Na „podłodze” labiryntu poprowadzono cienką (kilkupikselową) linię, pokazującą prawidłową drogę wyjścia z labiryntu. Obydwa te elementy (linia i podłoga) są w kolorach trudnych do odróżnienia przez osoby z określoną ślepotą barw. Wykrywając różnice pomiędzy właściwą ścieżką (pokazywaną przez kolorową linię) a ruchami gracza możliwe jest stwierdzenie, czy potencjalnie posiada on zaburzenie widzenia barw czy też nie.

W drugiej wersji gry gracz widzi tylko najbliższe rozwidlenie labiryntu. Jego zadaniem jest skręcić w kierunku, jaki wskazuje strzałka będąca w takim samym kolorze, jak aktualny awatar gracza. Gracz ma jedynie 10 ruchów, aby wyjść z labiryntu – każdy popełniony błąd oddala go od wygranej.

Z powodu użycia tylko dwukolorowego schematu, obydwie omówione wersje mogą być wykorzystane głównie do wykrywania dichromatów (bądź monochromatów), jako że osoby z nieprawidłowym trichromatyzmem powinny być w stanie zauważyć linię z podpowiedzią (pomimo, iż nie będą prawidłowo rozpoznawać jej koloru).

4.2.2. *Statki*



Rys. 2. Przykładowe schematy kolorystyczne użyte w grze Statki (źródło: opracowanie własne)
Fig. 2. Example color schemes used in Battleship game (source: own work)

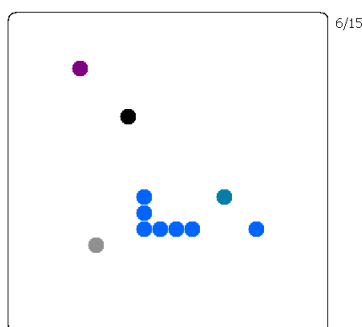
Klasyczna gra, w której celem jest zatopienie floty przeciwnika, została również zaadaptowana do celów badania. Podczas rozgrywki co jakiś czas przez 5 sekund przeciwnicy widzą nawzajem swoje statki. Do wyświetlenia tej podpowiedzi używany jest układ dwóch kolorów, które mogą być trudne do rozpoznania przez osoby z zaburzeniem widzenia barw. Przez wykrywanie zwiększonej liczby trafień w statki przeciwnika można stwierdzić, czy gracz posiada zaburzenie widzenia barw czy też nie. Gra oraz przykładowe schematy kolorystyczne zostały przedstawione na rys. 2.

4.2.3. Snake (wąż)

Modyfikacja gry Snake (wąż) została opracowana specjalnie z myślą o użytkownikach urządzeń przenośnych (zwłaszcza telefonów komórkowych). W klasycznej wersji gracz kontroluje węża, który porusza się po obramowanej planszy, zbierając „jedzenie” i jednocześnie próbując nie uderzyć własnym ogonem o „ściany” planszy ani nie „zjeść” części własnego ciała. Z każdym zjedzonym kawałkiem „pożywienia” ciało węża wydłuża się, co zwiększa stopień trudności rozgrywki.

W zmodyfikowanej wersji gry (rys. 1) zadaniem gracza jest zjadanie „owoców” tego koloru, w jakim aktualnie znajduje się wąż. Zjedzenie elementów innego koloru karane jest utratą punktów. Wraz z każdym zjedzonym elementem (bez względu na jego kolor), schemat kolorystyczny gry ulega zmianie.

Przez odpowiedni dobór kolorów wszystkich elementów gry (ciało węża, „owoce” i tło planszy) oraz analizę działań gracza możliwe jest sprawdzenie, czy posiada on potencjalne zaburzenie widzenia barw.



Rys. 3. Ekran z gry Snake (źródło: opracowanie własne)
Fig. 3. A screen from Snake game (source: own work)

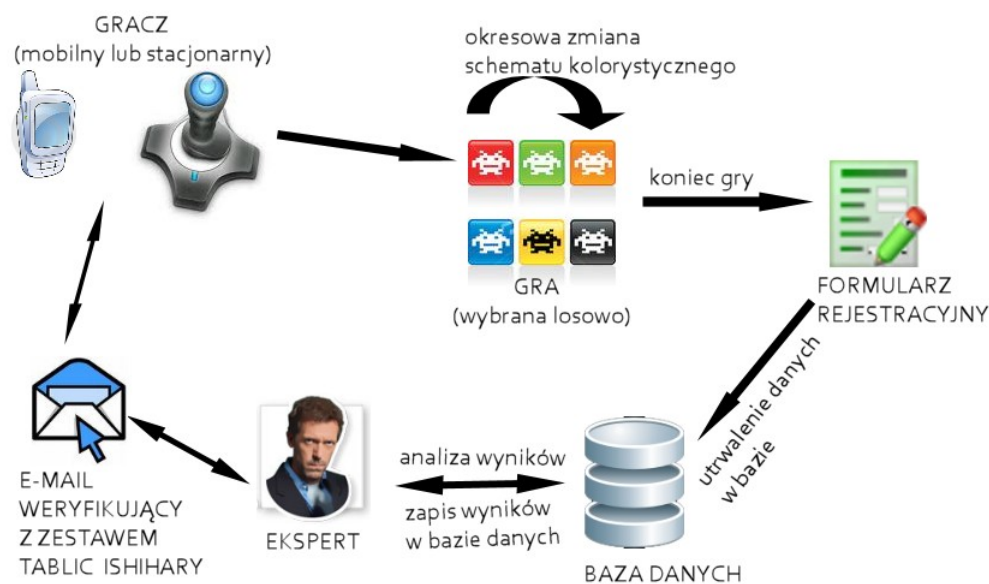
4.3. Metoda badawcza

Schemat metody badawczej został przedstawiony na rys. 4.

Gracz rozgrywa partię wybranej gry. W czasie każdej rozgrywki, schemat kolorystyczny gry zmienia się okresowo – np. w przypadku statków co 7 strzałów lub po każdorazowym

zjedzeniu „owocu” przez węża. Zabieg taki pozwala na zbadanie wpływu zmiany kolorów na jakość gry.

Gry wykorzystują schematy kolorów charakterystyczne dla testowania dichromatów, ponieważ ułatwia to proces weryfikacji wyników badania. Wyniki osiągnięte przez gracza są analizowane przez aplikację celem wykrycia potencjalnych zaburzeń widzenia barw.



Rys. 4. Schemat metody badawczej (źródło: opracowanie własne)

Fig. 4. Research method schema (source: own work)

Po ukończeniu rozgrywki każdy z graczy jest proszony o wypełnienie krótkiego formularza rejestracyjnego i podanie kilku danych: wieku, płci oraz adresu e-mail, na który zostaną przesłane uzyskane wyniki gry (np. czas przejścia labiryntu, liczba zdobytych punktów itp.). Podanie tych danych jest dobrowolne i wymaga akceptacji regulaminu (w którym gracz wyraża zgodę na przetwarzanie i przechowywanie informacji zebranych w trakcie gry, także informacji biomedycznych, oraz na kontaktowanie się z wybranymi graczami w razie potrzeby). W przypadku niezaakceptowania tego dokumentu, zebrane dane są usuwane.

Po rejestracji zebrane dane przesyłane są do centralnej bazy danych systemu, w której tworzona jest lista osób mających potencjalne zaburzenia widzenia barw.

Kolejnym krokiem jest analiza wszystkich zarejestrowanych wyników (dla każdego etapu rozgrywki) przez eksperta, który stara się potwierdzić każde rozpoznane przez system zaburzenie widzenia barw. W tym celu ekspert wysyła do każdego gracza (u którego zdiagnozowano potencjalną ślepotę barw) email z wybranym zestawem tablic Ishihary. Tablice te są obecnie powszechnie wykorzystywane do wykrywania zaburzeń widzenia kolorów, głównie do wykrywania zaburzeń w rozpoznawaniu czerwieni i zieleni, ale istnieją również tablice służące do detekcji tritanopii. Tablice te zawierają losowej wielkości punkty ułożone w koło. Niektóre z tych punktów tworzą liczbę, która jest widoczna dla osób z normalnym widzeniem barw, zaś niewidoczna (bądź trudna do zobaczenia) dla osób ze ślepotą barw [1].

W emailu respondent jest proszony o odczytanie liczb z otrzymanych tablic Ishihary i odesłanie wyników do eksperta. Ma to na celu potwierdzenie lub zaprzeczenie diagnozy postawionej na podstawie wyników gry. Ekspert utrwała dane osób z potwierdzoną ślepotą barw w bazie danych.

5. Wyniki i analiza badań testowych

Opisana powyżej metoda została przetestowana na grupie 118 studentów z dwóch lubelskich uczelni wyższych: Politechniki Lubelskiej oraz Wyższej Szkoły Przedsiębiorczości i Administracji w Lublinie. Każdy z graczy losowo wybierał grę, w którą zagra. Wyniki badania zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1

Wyniki badania testowego		
	Ilość osób	% grupy
uczestnicy badania ogółem	118	100 %
graczy zarejestrowanych	88	75%
odmówiło rejestracji	30	25%
potencjalni protanopowie (wśród zarejestrowanych)	4	3% (5%)
potencjalni deuteranopowie (wśród zarejestrowanych)	1	<1% (1%)
potencjalni tritanopowie (wśród zarejestrowanych)	1	<1% (1%)

Analiza wyników gry wykazała, że wśród graczy, którzy zaakceptowali regulamin i zarejestrowali swoje wyniki, znajduje się sześciu potencjalnych dichromatów: jedna osoba z deuteranopią, czterej protanopowie i jedna osoba z tritanopią. Dwie osoby z nich (obie ze wstępnie zdiagnozowaną protanopią) nie odpowiedziały na email z tablicami Ishihary, zaś dwaj pozostali potencjalni protanopowie odczytali wszystkie tablice przesłane im celem weryfikacji. Może to sugerować, że uzyskane przez nich wyniki (a co za tym idzie rozpoznanie przez system potencjalnej ślepoty barw) były spowodowane albo błędami popełnionymi w trakcie rozgrywki, albo problemami z użytymi zestawami kolorów (np. wyświetlane kolory mogą różnić się w zależności od używanego monitora [2]). Z powodu braku odpowiedniego sprzętu (np. amaloskopu) przebadanie tych graczy pod kątem nieprawidłowego trichromatyzmu było niemożliwe, ale wyniki badania weryfikacyjnego z tablicami Ishihary sugerują, że osoby te posiadają widzenie barw normalne lub zbliżone do normalnego.

Za pomocą badania z tablicami Ishihary zweryfikowano i potwierdzono wyniki uzyskane przez dwóch pozostałych graczy. Skontaktowano się z nimi i przeprowadzono krótki wywiad. Okazało się, że jeden z graczy nie wiedział o posiadany zaburzeniu widzenia barw

pomimo posiadania prawa jazdy kategorii B (należy jednak zauważyć, że zgodnie z polskim prawem, osoby dotknięte ślepotą barw mogą prowadzić samochody osobowe). Drugi z respondentów wiedział o posiadanej wadzie, jednak dowiedział się o niej nie od lekarza, a jako nastolatek podczas grania w grę komputerową – gdyż nie był w stanie zauważyć niektórych szczegółów. Oba przytoczone przypadki potwierdzają, że mogą zdarzyć się sytuacje, w których ślepotą barw może zostać niewykryta pomimo zdawałoby się obowiązkowego badania lekarskiego. Dodatkowo wszyscy użytkownicy, którzy odpowiedzieli na email z tablicami Ishihary, ocenili metodę badawczą jako prostą i przyjemną.

Wydaje się, że na wyniki badania nie miały wpływu niewielki rozmiar badanej grupy oraz stosunkowo wysoki odsetek osób, które nie zaakceptowały regulaminu (przez co wyniki ich gry zostały usunięte z bazy danych) – ponad 25%. Odsetek osób z potencjalną ślepotą barw (ok. 5%) jest zbliżony do oszacowanego na podstawie danych dostępnych w literaturze [4, 8, 11]. Procent potwierdzonych przypadków ślepoty barw jest nieco niższy, choć wpływ na to miało odmówienie przez dwie osoby uczestniczenia w dalszym badaniu (nie odpowiedzieli na email).

Pomimo faktu, że omawiana metoda znajduje się dopiero w fazie testów, wyniki badań są bardzo obiecujące i pokazują, że może być stosowana do wykrywania potencjalnych zaburzeń widzenia barw, powinna być jednak traktowana jako narzędzie do zbierania danych o użytkownikach mających ślepotę barw, zaś nie jako substytut badania lekarskiego.

6. Podsumowanie

Gry komputerowe, zwłaszcza proste, mogą służyć jako uniwersalny i multikulturowy sposób spędzania wolnego czasu. Istnieje wiele darmowych stron internetowych z grami wykonanymi w technologii Flash czy Java, które można odwiedzić, np. podczas przerwy w pracy. Oznacza to, że nie jest konieczne budowanie oddzielnej strony z grami służącymi do wykrywania potencjalnych zaburzeń widzenia barw – gry te można umieścić na wielu stronach poświęconych elektronicznej rozrywce, wymagana jest jedynie centralna baza danych do przechowywania wyników. Dzięki temu możliwe jest przebadanie osób z całego świata przy niewielkim nakładzie finansowym. W chwili obecnej zaburzenie widzenia barw wykrywane jest najczęściej za pomocą tablic Ishihary lub pokrewnych metod. Podejście to jest jednak często krytykowane, ze względu na pewne ograniczenia [1, 2], np. niektóre dzieci mogą nie być w stanie nazwać poprawnie liczb. Również ograniczenia językowe i umysłowe mogą mieć wpływ na wynik badania. Proponowana metoda wydaje się być stosunkowo dobrym rozwiązaniem, wolnym od wspomnianych powyżej wad. Co więcej, gry mogą być wykorzystywane nie tylko do celów testowych, mogą rozwijać spostrzegawczość i czas reakcji gra-

cza. Niektóre osoby mogą odmówić badania rozpoznawania barw lub zignorować jego wyniki z różnych powodów. Niechęć do badania można pokonać przez połączenie procesu badawczego z rozrywką. Wyniki przeprowadzonych badań wydają się to potwierdzać.

Należy jednak wziąć pod uwagę kilka problemów związanych z proponowaną metodą. Jednym z najpoważniejszych jest problem właściwego odwzorowania barw przez używany monitor lub kartę graficzną. Ten sam obraz wyświetlany na dwóch monitorach może różnić się w znacznym stopniu [2]. Mogło to być przyczyną złego rozpoznania potencjalnej protanopii w dwóch opisywanych przypadkach. Na chwilę bieżącą nie istnieje jednak uniwersalne rozwiązanie tego problemu.

Kolejnym problemem jest zmniejszenie procentu osób nieakceptujących regulaminu. Jakkolwiek nie będzie to łatwe, należy dążyć do tego, aby każdy z graczy zaakceptował regulamin gry (dzięki czemu możliwe będzie analizowanie wyników jego rozgrywki i dalszy kontakt).

Należy również wziąć pod uwagę czynnik, jakim jest błąd ludzki. Przykładowo, gracz w labiryncie może zignorować linię podpowiedzi, nie wiedząc, do czego ona służy. Identyfikacja potencjalnych zaburzeń widzenia kolorów powinna następować po przekroczeniu przez gracza pewnego progu błędu, np. po 3 nieprawidłowych krokach w labiryncie. Pozwoli to na zminimalizowanie wpływu błędów na wynik gry.

Opisana w niniejszym artykule metoda może być atrakcyjną alternatywą dla tradycyjnych metod wykrywania zaburzeń widzenia barw. Dzięki wykorzystaniu Internetu możliwe jest również dotarcie do szerokiej grupy odbiorców (graczy). Dzięki temu możliwe jest stworzenie bazy danych o światowym zasięgu, zawierającej dane osób z różnymi rodzajami ślepoty barw. Baza ta może być użyta do kontaktu z wybranymi osobami, które mogą następnie pełnić rolę testerów i konsultantów w zakresie projektowania dostępnych oraz użytecznych interfejsów aplikacji i stron internetowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Bober D., Laskowski M., Kęsik J.: Prototyp systemu do interaktywnego wykrywania dichromatów wśród kandydatów na kierowców. Prace Instytutu Elektrotechniki, z. 247, Warszawa 2010, s. 141-157.
2. Clark J.: Building Accessible Websites. New Riders Press, 2002.
3. Kaiser P. K., Boynton R. M.: Human Color Vision. Optical Society of America, Washington DC 1996.

4. Laskowski M., Szymczyk T.: Economic and legal aspects of adjusting online advertisements for the visually impaired. *Актуальні проблеми економіки*, No. 108, Kiev 2010, s. 301-308.
5. Lindlof T. R., Taylor B. C.: *Qualitative Communication Research Methods*. SAGE Publications, Inc., 2002.
6. McIntyre D.: *Colour Blindness: Causes and Effects*. Dalton Publishing, Chester 2002.
7. Shevell S. K.: *The Science of Color* (2nd ed.). Optical Society of America, Oxford 2003.
8. Smal J., Hilbert D. S.: *Readings on Color, Volume 2: The Science of Color* (2nd ed.). MIT Press, Cambridge 1997.
9. Starr R. A., Sandberg W. H., Guan Y.: Does Color Blindness Affect the Perception of Green LED Signal Indications? *ITE Journal* 8/2004, Vol. 74, No. 8, Washington 2004.
10. Szymczyk T., Laskowski M.: Method of Supporting the CAPTCHA-based Registration Process for the Visually Impaired People. *Polish Journal of Environmental Studies*, No. 18 (3B), Olsztyn 2008, s. 363-367.
11. UN Statistics Division, Department of Economic and Social Affairs: *World Population Prospects: The 2008 Revision*, New York 2008.
12. Vingrys A. J., Cole B. L.: Origins of Colour Vision Standards within the Transportation Industry. *Ophthalmic and Physiological Optics*, No. 6(4) 1986, Wiley-Blackwell 1986.

Recenzenci: Dr inż. Katarzyna Harężlak
Prof. dr hab. inż. Ewa Piętka

Wpłynęło do Redakcji 16 stycznia 2011 r.

Abstract

Being colorblind may prevent from engaging in certain occupations, especially when color recognition is either important for safety or essential for the work itself. Sometimes those limitations are caused by law [7] – in some countries colorblind are not permitted to apply for driver or pilot licenses. The usual justification is that they must be able to recognize color-coded signals, such as traffic lights or warning lights (see Fig. 3).

The accessibility issues for colorblind should be considered because of two main reasons: legal regulations and economic issues. In many countries (e.g. EU) public (or in some cases – also private) institutions are obliged to grant access to all of their public services to their users [10].

As colorblindness cannot be treated, medical units in many countries keep no records of the colorblind [6]. Currently there is no method of simulating colorblindness completely [8] – this means that real-life colorblind users should be involved in a interface design process.

This article presents an interactive method of detecting colorblindness (especially dichromacy) based on a set of simple games – Maze, Battleships (Fig. 2) and Snake (Fig.3). Each game uses color schemes which may be difficult for a colorblind. The application detects all player's mistakes and forms a diagnosis on that basis. A verification set of Ishihara plates is send via email to each registered player with potential colorblindness detected. The research schema is presented in Fig. 4.

118 students were tested using described method. 6 potential dichromats were detected, 2 of which were confirmed. All of the registered interviewees described the method as simple and enjoyable.

The discussed method is still developed, but test results show that it can be used for detecting potential colorblindness, although it should be used as a tool for gathering data about colorblind, not as a medical examination replacement.

Adres

Maciej LASKOWSKI: Politechnika Lubelska, Instytut Informatyki,
ul. Nadbystrzycka 36b/112, 20-618 Lublin, Polska, maciej.laskowski@pollub.pl.