

Dariusz BOBER
Maciej LASKOWSKI
Jacek KĘSIK

PROTOTYP SYSTEMU DO INTERAKTYWNEGO WYKRYWANIA DICHROMATÓW WŚRÓD KANDYDATÓW NA KIEROWCÓW

STRESZCZENIE *Niniejszy artykuł omawia problemy związane z wykrywaniem zaburzeń widzenia barw u kandydatów na kierowców. Detekcja tych zaburzeń jest szczególnie ważna w krajach, w których rozwiązania prawne zabraniają posiadania prawa jazdy lub wykonywania pewnych zawodów osobom ze ślepotą barw – oznacza to, że proces wykrywania zaburzeń widzenia barw powinien być bardzo dokładny i dawać jednoznaczne wyniki.*

Autorzy analizują metody używane przez szkoły jazd oraz ich efektywność, a także prezentują prototyp interaktywnego systemu do wykrywania zaburzeń widzenia barw (w szczególności dichromatyzmu). W artykule przedstawiono również analizę wyników uzyskanych podczas testów przeprowadzonych przy użyciu omawianego prototypu.

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

dr inż. Dariusz BOBER, mgr inż. Maciej LASKOWSKI
e-mail: d.bober@pollub.pl, m.laskowski@pollub.pl

dr inż. Jacek KĘSIK
e-mail: j.kesik@pollub.pl

Instytut Informatyki,
Wydział Elektrotechniki i Informatyki,
Politechnika Lubelska

1. WSTĘP

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

Niekiedy jest to narzucane przez prawo – np. prawodawstwo niektórych krajów nie pozwala osobom z zaburzeniem widzenia barw starać się o prawo jazdy lub licencję pilota [13]. W literaturze [np. 14, 13] przyjmuje się, że ograniczenia te wynikają z XIX-wiecznej katastrofy kolejowej w Szwecji, która została spowodowana przez inżyniera posiadającego zaburzenie widzenia barw. Osoba prowadząca pojazd powinna być w stanie rozpoznać (i rozróżnić) sygnały oparte o barwy, takie jak światła drogowe bądź ostrzegawcze.

W większości przypadków [10, 14] osoba ze ślepotą barw może prowadzić normalne życie, jako że zakłócone jest tylko postrzeganie barw, nie zaś samo widzenie. Co więcej, wiele osób nie jest świadomych swojej wady, ponieważ standardowo testy dotyczące poprawnego rozpoznawania barw przeprowadzane są tylko w kilku przypadkach – jako część badań wykonywanych przed pójściem do przedszkola lub szkoły podstawowej czy na kursie prawa jazdy [13]. Należy jednak zauważyć, że istnieje prawdopodobieństwo, że ślepotą barw zostanie niewykryta ze względu na niedokładnie bądź nieprawidłowo wykonane badanie.

Należy również zauważyć, że wiele instytucji medycznych nie prowadzi spisów osób z zaburzeniem widzenia barw [11]. Spowodowane jest to tym, że ślepotą barw pomimo, iż jest nieuleczalna, to nie ma negatywnego wpływu na codzienne życie dotkniętej nią osoby. Należy jednak zauważyć, że istnieją określone typy barwnych filtrów i szkieł kontaktowych, które mogą wspomóc proces rozróżniania barw, jednak ich zastosowanie praktyczne jest znikome [13].

Zgodnie z polskim prawem osoby z zaburzeniami widzenia barw mogą posiadać prawo jazdy. Nie zmienia to jednak faktu, że ślepotą barw może uniemożliwić wykonywanie pewnych czynności bądź mieć negatywny wpływ na interpretowanie i rozumienie kolorowych sygnałów wizualnych.

2. ANALIZA STOSOWANYCH METOD WYKRYWANIA DYSFUNKCJI WIDZENIA BARW WŚRÓD KANDYDATÓW NA KIEROWCÓW

2.1. Rodzaje zaburzeń widzenia barw

Wyróżniane są trzy podstawowe typy zaburzeń widzenia barw [9, 11]:

- monochromatyzm – określana też jako całkowita ślepota barw
- dichromatyzm – zaburzenie rozpoznawania barw (czerwonej, zielonej bądź niebieskiej/żółtej) związane z całkowitym brakiem jednego rodzaju czopków w siatkówce oka
- nieprawidłowy trichromatyzm – obniżenie percepcji nasycenia (w niektórych przypadkach także jaskrawości) jednej z barw (czerwonej, zielonej bądź niebieskiej)

Wykrycie dichromatyzmu jest szczególnie istotne w przypadku kandydatów na kierowców, gdyż dwie z trzech jego form (protanopia i deutanopia) zaburzają postrzeganie zieleni, czerwieni i żółci w widzialnym spektrum [9]. U osób z protanopią mają znacznie obniżoną jaskrawość czerwieni, pomarańczy i żółci w porównaniu z osobami posiadającymi normalne widzenie barw. Co więcej, protanopowie mogą mylić czerwienie z odcieniami czerni lub szarości, zaś czerwone światła drogowe postrzegać jako wygaszone [9].

Deutanopia charakteryzuje się podobnymi problemami z rozróżnianiem odcieni barw jak protanopia, jednak bez anormalnego obniżenia poziomu jasności [9] (deutanop rozróżnia wygaszone i zapalone światła drogowe). Osoby dotknięte tritanopią nie rozróżniają barw żółtej i niebieskiej. Wada ta jest wynikiem braku czopków czułych na barwę niebieską [9]. Jest najrzadszą z form dichromatyzmu [10].

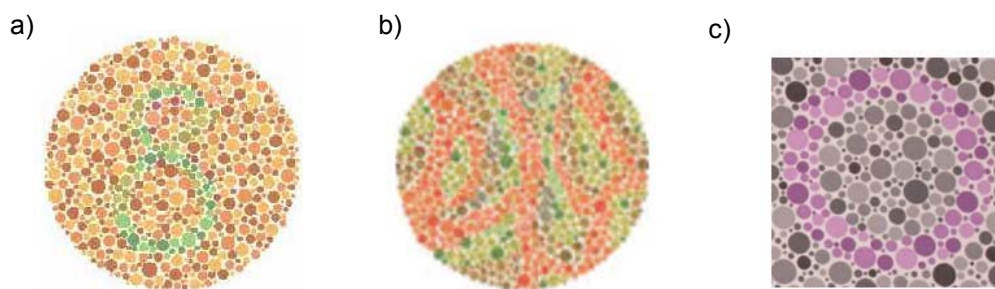
2.2. Aktualnie wykorzystywane metody wykrywania dichromatyzmu

Istnieje wiele różnych metod wykrywania dichromatyzmu, jednak najczęściej wykorzystywane są tablice pseudoizochromatyczne Ishihary (i ich modyfikacje) [11].

Każda tablica składa się z koła utworzonego przez różnych rozmiarów okrągłe plamy, różniące się w nieznaczny sposób barwami [8]. Niektóre z tych plam tworzą wzór (w pierwotnej formie tablic – liczbę [8]), który jest częściowo lub całkowicie niewidoczny dla dichromatów. Zadaniem badanego jest odczytać ten wzór.

Tablice Ishihary są głównie wykorzystywane do wykrywania protanopii i deuteranopii, jednak istnieją również tablice służące do detekcji tritanopii [11, 12]. Istnieje wiele modyfikacji tablic Ishihary, m.in. tablice z figurami geometrycznymi lub zwierzętami przeznaczone dla osób niepiśmiennych oraz dzieci [12]. Na tablicach Ishihary oparte są również tablice H-R-R, uznawane za nieco dokładniejsze [4] od pierwowzoru, nie są one jednak w Polsce zbyt rozpowszechnione [12]. Ciekawą modyfikacją oryginalnej metody jest tzw. odwrócona tablica Ishihary. Zawiera ona wzór, który jest widoczny tylko dla osób z określonym zaburzeniem widzenia barw [1].

Wybrane tablice Ishihary i ich modyfikacje zostały przedstawione na rysunku 1.



Rys. 1. Wybrane tablice Ishihary i ich modyfikacje:

a) tablica Ishihary, b) odwrócona tablica Ishihary, c) tablica H-R-R (źródło: opracowanie własne na podstawie: [8, 1])

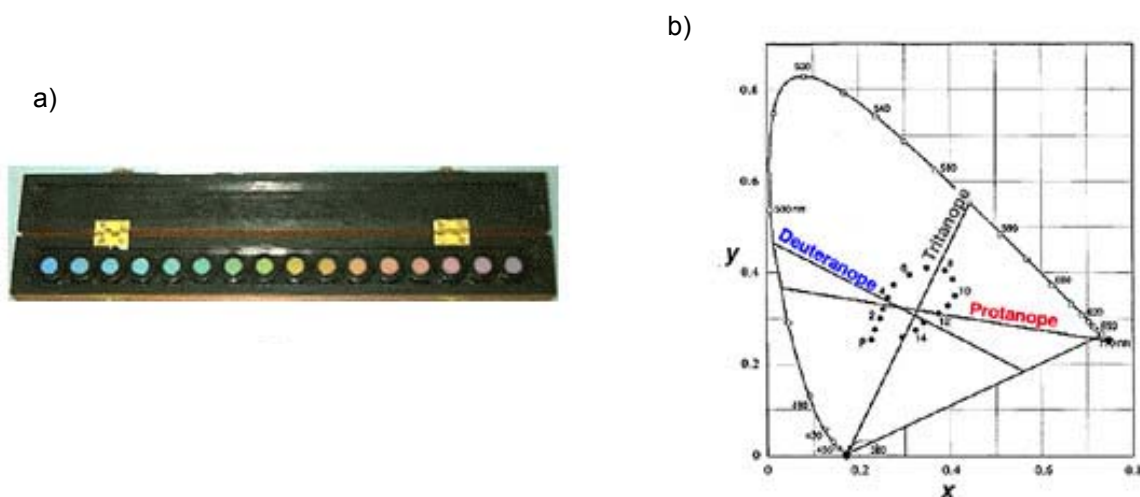
Metody wykrywania zaburzeń widzenia barw oparte o tablice Ishihary są szeroko rozpowszechnione ze względu na swoją prostotę i niski koszt implementacji (jednym zestawem tablic może być wykorzystywany przez wiele lat [12], zaś nowe zestawy tablic można wydrukować na zwykłej kolorowej drukarce [6]).

Z drugiej strony, metody te są dość często krytykowane ze względu na niejednoznaczność – w przypadku niektórych tablic za prawidłowe uznawane są dwa (w rzadkich przypadkach więcej) wyniki (np. odczytanie liczb 23 i 73 jest uznawane za poprawne) [6]. Metody tablicowe są też niekiedy uznawane za niejasne i przestarzałe [7].

Oczywiście istnieją również inne, bardziej skomplikowane metody wykrywania zaburzeń widzenia barw, które możemy podzielić na dwie grupy [1, 6]: adaptacyjne (ang. arrangement methods) i lampowe.

Przykładem metody adaptacyjnej jest panel D-15 Farnswortha, przedstawiony na rysunku 2a. Zadaniem osoby badanej jest ułożenie 15 kolorowych pionków w określonym porządku, poczynając od pierwszego (określonego wcześniej) pionka. Ewentualne zaburzenie widzenia barw określa się nanosząc układ zaproponowany przez pacjenta na zdefiniowany układ współrzędnych i porównując go z wzorcowym (rys. 2b) [1].

Zarówno stopień skomplikowania samej metody (ograniczający możliwość jej zastosowania do badania niektórych grup, np. dzieci [1]), jak i wydłużony czas interpretacji wyników badania (wynikający z konieczności naniesienia wyników na zdefiniowany układ współrzędnych) powodują, że metoda ta nie jest zbyt powszechna [6].



Rys. 2. Złożone metody wykrywania zaburzeń widzenia barw:

a) panel D-15 Farnswortha, b) wzorcowy układ współrzędnych dla panelu D-15 Farnswortha (źródło: [1])

W przypadku badań przy pomocy metody lampowej zazwyczaj symulowany jest kolor światła nawigacyjnych. Lampy wyposażone są w pary światła białych, czerwonych i zielonych (kolory te wykorzystywane są w nawigacji morskiej i lotniczej). Badany ma za zadanie określić, jaki zestaw światła jest aktualnie zapalony. Istnieje wiele różnych testów różniących się poziomem trudności, który zależy m.in. od rozmiaru bodźca i jego intensywności [14]. Co ciekawe, badania [5] dowodzą, że metoda lampowa jest dokładniejsza niż metody adaptacyjne czy badanie anomaloskopowe.

Metody lampowe są stosowane m.in. do testowania kandydatów na zawodowych kierowców [12], jednak ze względu na koszt sprzętu potrzebnego do przeprowadzenia badania są one wykorzystywane zazwyczaj tylko przez duże specjalistyczne gabinety okulistyczne [12].

Analizując problematykę metod wykorzystywanych do wykrywania zaburzeń widzenia barw u kandydatów na kierowców należy wziąć pod uwagę również okoliczności, w jakich badania te są przeprowadzane. W wielu szkołach jazdy odbywają się one w tym samym dniu dla całej grupy szkoleniowej. Pośpiech związany z badaniem tak dużej ilości osób praktycznie jednocześnie wymusza używanie szybkiej metody, która daje zadowalające wyniki i nie wymaga specjalistycznego sprzętu. Z tego powodu najczęściej wykorzystywane są tablice Ishihary lub ich modyfikacje [12]. Należy jednak zauważyć, że żadna z opisanych powyżej metod nie jest odporna na błędy popełniane przez osobę przeprowadzającą badanie. Optymalnym rozwiązaniem byłaby metoda weryfikowana przez automat.

3. PROTOTYP SYSTEMU

Zaproponowany system interaktywnego rozpoznawania dysfunkcji w postrzeganiu barw u kandydatów na kierowców został już w wersji prototypowej wykonany i przetestowany.

Poniżej przedstawiono założenia oraz funkcjonalność systemu, przedstawiono również wyniki z przeprowadzonych prób.

3.1. Założenia systemu

Na etapie projektowania systemu autorzy przytuli następujące założenia:

- system umożliwi interaktywną współpracę uczestnika badania z „symulatorem jazdy”, gdzie podczas symulowanego ruchu pojazdu po ulicach miasta, na ekranie kierowcy pojawia się „odpowiednio spreparowana” sygnalizacja świetlna, tj. kolory świateł i ich znaczenie (czerwony – stój, zielony – jedź) pojawiają się w sposób losowy, jak i pozycja tych świateł jest generowana losowo, co w założeniu ma zapobiec reagowaniu kierowcy na pozycję światła a nie jego barwę;
- interakcja z systemem odbywa się poprzez przeglądarkę internetową, tak by zainteresowani kandydaci na kierowców, jak również i osoby posiadające prawo jazdy miały ułatwiony dostęp do systemu;
- system nie wymaga autoryzacji, co zapewnia anonimowość osób biorących udział w badaniu, wynik badania jest znany wyłącznie użytkownikowi rozpoczynającemu sesję;
- wynik badania jest zachowywany w bazie danych systemu dla celów statystycznych, nie posiada on jednak danych mogących wskazać jed-

noznacznie na danego uczestnika badań, zachowywane są natomiast wartości cech charakteryzujące populację wg założonych kategorii, lista kategorii jest zmienna i może ulec doprecyzowaniu na potrzeby danej próby badawczej (np. danej szkoły nauki jazdy, wybranej kategorii prawa jazdy).

3.2. Funkcjonalność systemu

System został opracowany w formie internetowej ankiety: „Badanie kierowcy z zakresie postrzegania kolorów sygnalizacji świetlnej” [3]. Dobór kategorii charakteryzującej próbę poddaną badaniu obejmuje następujące cechy: strukturę wiekową, rozróżnienie płci kierowcy/kandydata na kierowcę, a także fakt posiadania lub nie prawa jazdy. Poproszono również o podanie kodu pocztowego, co ma na etapie analiz, pozwolić na rozróżnienie respondentów na mieszkańców wsi i miast. Bazując na doświadczeniach z wcześniejszych badań statystycznych, opartych o ankiety internetowe [2], podjęto decyzję o rejestrowaniu daty i czasu wykonania poszczególnych głosów.

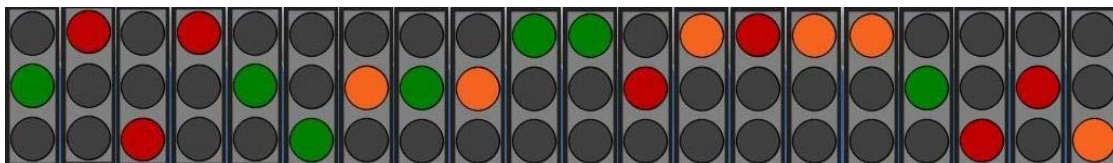
Najważniejszym modułem ankiety jest interaktywny symulator ruchu pojazdu po ulicy miasta (rys. 3). Posiada on odpowiednio spreparowaną sygnalizację świetlną. Kierowca „poruszając się” po ulicy miasta ma do przejechania 20 zmian świateł (liczba zmian świateł jest tu parametrem), w tym czasie ma odpowiednio reagować na kolor sygnalizowanego światła.



Rys. 3. Interaktywny symulator ruchu ulicznego (źródło: [3])

Sygnalizacja świetlna włącza wybrany kolor światła na dowolnej pozycji (rys. 4). Zarówno kolor światła (zielony, pomarańczowy, czerwony), jak i miejs-

ce na którym jest ono sygnalizowane jest generowane losowo. Zmiana kolejności świateł ma na celu uniknięcie sytuacji, kiedy to kandydat na kierowcę reaguje nie na kolor sygnalizowanego światła, ale na jego pozycję – zatrzymuje się, gdy sygnalizowane jest światło u góry lub na środku sygnalizatora, zaś jedzie, gdy światło jest na dole.



Rys. 4. Przykład losowego przebiegu ścieżki symulatora
(źródło: opracowanie własne na podstawie [3])

Kierowca „jadąc” ulicą musi dokonywać wyboru przy każdej zmianie świateł. Służą do tego przyciski znajdujące się w dolnej części panelu (rys 3). Poszczególne decyzje są zliczane i na zakończenie testu uczestnik otrzymuje wyświetlony wynik podsumowujący liczbę przejechanych świateł czerwonych, liczbę przejechanych świateł pomarańczowych oraz ilość zatrzymań na zielonym (rys. 5).

KONIEC JAZDY			
WYNIK			
<i>PRZEJECHANE</i>		<i>NIEPRZEJECHANE</i>	
CZERWONE	0	CZERWONE	7
ZIELONE	6	ZIELONE	0
POMARAŃCZOWE	0	POMARAŃCZOWE	7

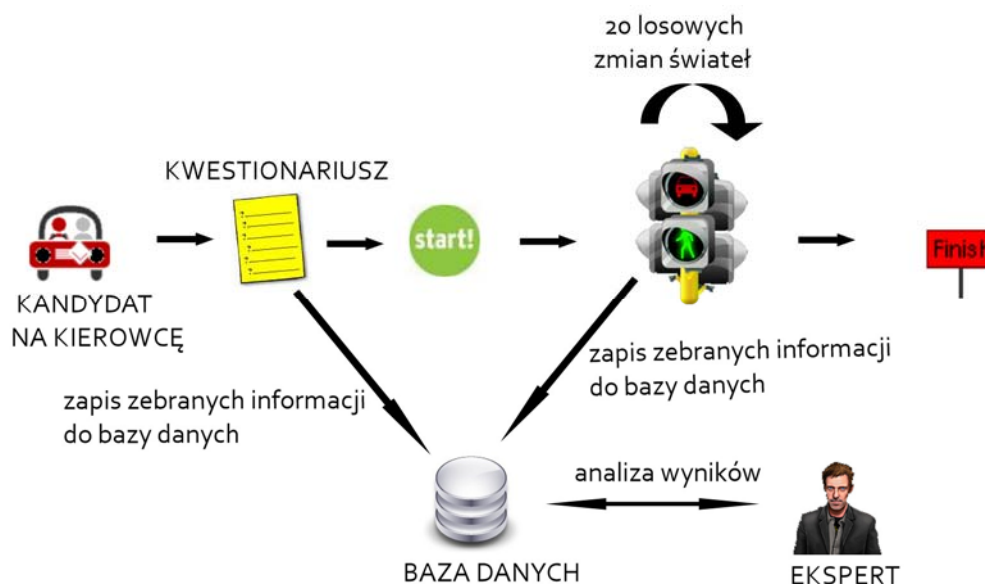
Rys. 5. Wynik ukończenia jazdy na symulatorze
(źródło: [3])

Wynik symulatora przedstawiony na rysunku 5 wskazuje, że osoba biorąca udział w ankiecie nie wykazuje cech dysfunkcji widzenia kolorów –

wynik jest prawidłowy. W badaniu natomiast poszukuje się osób wykazujących błędy we właściwej reakcji na sygnalizowaną barwę światła.

Wyniki badania, ankiety oraz symulatora, są zapisywane w bazie danych i posłużą do ustalenia wskaźników, dających podstawy sądzić, czy dany uczestnik badania posiada jedną z wad widzenia kolorów.

Poglądowy schemat postępowania w proponowanej metodzie badawczej przedstawiony jest na rysunku 6.

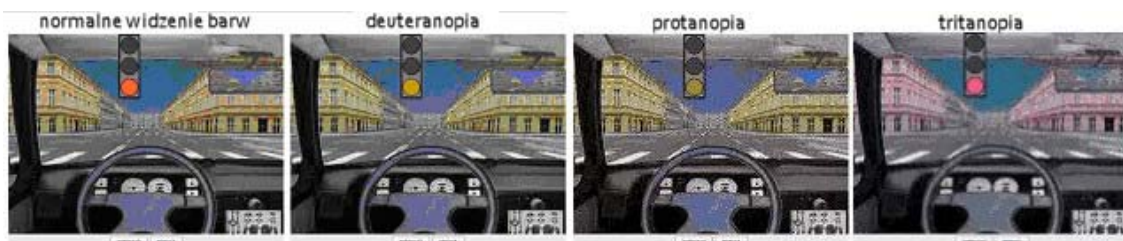


Rys. 6. Poglądowy schemat postępowania w proponowanej metodzie badawczej (źródło: opracowanie własne)

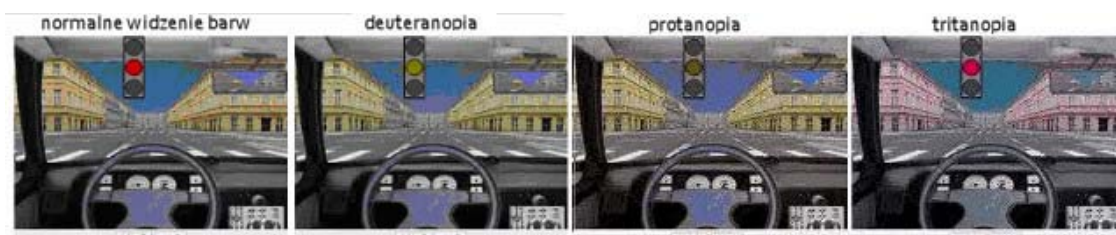
3.3. Symulowana dysfunkcja widzenia barw

Aby uzmysłowić czytelnikowi zakres problemu badanego zjawiska, na rysunku 7 a-c zestawiono symulowane zniekształcenia w postrzeganiu barw przez dichromatów. Poszczególne ekrany symulatora z wyróżnieniem każdej z barw, poddano transformacji na obrazy symulujące poszczególne dysfunkcje widzenia barw. Do transformacji użyto standardowych funkcji transformujących udostępnionych przez stronę Vischeck.com.

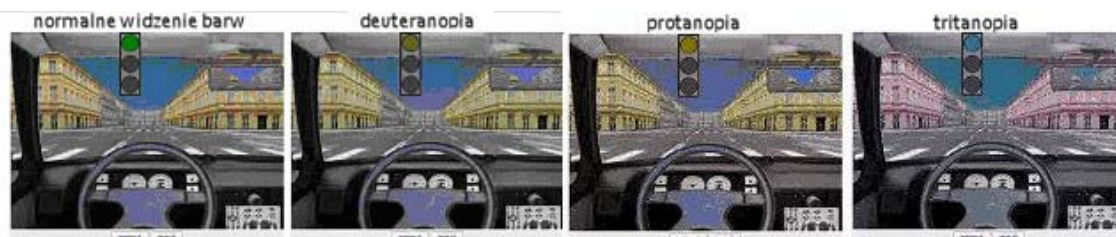
Porównując stopień zniekształcenia transformacją dysfunkcji widzenia poszczególnych barw (rys. 7 a-c) należy zauważyć, że w przypadku zmiany położenia sygnalizowanego światła u osób z zaburzeniem widzenia barw praktycznie niemożliwe jest rozróżnienie, jaki kolor światła jest obecnie sygnalizowany.



Rys. 7a. Symulacja postrzegania barwy pomarańczowej
(źródło: opracowanie własne na podstawie vischeck.com oraz [3])



Rys. 7b. Symulacja postrzegania barwy czerwonej
(źródło: opracowanie własne na podstawie vischeck.com oraz [3])



Rys. 7c. Symulacja postrzegania barwy zielonej
(źródło: opracowanie własne na podstawie vischeck.com oraz [3])

Na tej podstawie wysunięto przypuszczenie, że prosty zabieg zmiany położenia świateł, zastosowany w symulatorze, pozwoli na wychwycenie osób ukrywających bądź nieświadomych własnej dysfunkcji w postrzeganiu barw. Oczekuje się, że osoby z niedowidzeniem barw częściej, niż osoby w pełni rozróżniające kolory, popełnią błąd przy wyborze akcji na kolejnych skrzyżowaniach, a ich błędy zostaną zarejestrowane w bazie danych ankiety.

3.4. Zalety i wady proponowanego rozwiązania

Główną zaletą opracowanego systemu jest interaktywna forma badania, która jest znacznie atrakcyjniejsza dla uczestnika badania, co postulowano już w wcześniejszych pracach [10].

Symulator jazdy samochodem wprowadza elementy z otaczającego świata, co z kolei pozwala sądzić, że osoba badana będzie zachowywać się naturalnie, powielając swe zachowania ze świata rzeczywistego.

Badanie prowadzone jest z wykorzystaniem przeglądarki internetowej, co oznacza łatwość dotarcia do znacznej próby respondentów. Odpowiedzi na pytania w ankiecie są przetwarzane automatycznie i gromadzone w relacyjnej bazie danych, co znacznie ułatwia ich późniejszą obróbkę.

Symulator jest wrażliwy na kierowców reagujących wyłącznie na położenie zapalonego światła, a nie na sygnalizowaną barwę.

Wśród wad należy wymienić:

- monotoniczny przebieg symulowanego odcinka ulicy miasta, po którym odbywa się jazda próbna. W przyszłości wskazane jest rozszerzenie animacji symulatora i umożliwienie takich ruchów jak skręcanie i hamowanie, a także wprowadzenie zdarzeń nagłych, np. pieszy wbiegający na jezdnię;
- badanie pozwala tylko na wykrywanie konkretnych grup dichromatów (osób z protanopią bądź deuteranopią), nie umożliwia natomiast wykrywania zaburzeń widzenia barw innego typu. Wada ta nie jest jednak istotna biorąc pod uwagę przeznaczenie omawianej metody badawczej;
- badanie nie jest zabezpieczone przed złośliwymi użytkownikami. Odpowiedzi pod kontem nierzetelnego podejścia do ankiety nie są obecnie sprawdzane, natomiast nierzetelność odpowiedzi jest oceniana na podstawie analizy eksperckiej (np. pokonanie wszystkich świateł czerwonych oraz postój na wszystkich zielonych – co jest statystycznie niemożliwe i jest odbierane jako działanie celowe).

Jednak pomimo podanych wad, proponowany system do interaktywnego badania dysfunkcji widzenia barw wśród kierowców i kandydatów na kierowców umożliwia przeprowadzenie anonimowych badań na liczebnej grupie respondentów. Natomiast wyniki tego badania mogą okazać się cenne. Możliwe do opracowania zestawienia (na podstawie zebranych przez system danych) zaprezentowano w następnym punkcie artykułu.

4. METODA OPRACOWANIA BADAŃ ORAZ DOSTĘPNE ANALIZY

Informacja o liczbie nieprawidłowych i prawidłowych zachowań poszczególnych respondentów jest gromadzona w tabeli, której struktura jest przedstawiona poniżej (tab. 1).

TABELA 1

Przykładowe dane z symulatora jazdy zgromadzone przez system, gdzie: id_uzyt – identyfikator kolejnej osoby objętej badaniem, pz – liczba przypadków przejechania na zielonym, pp – liczba przypadków przejechania na pomarańczowym, pc – liczba przypadków przejechania na czerwonym, nz – liczba przypadków nieprzejechania na zielonym, np – liczba przypadków nieprzejechania na pomarańczowym, nc – liczba przypadków nieprzejechania na czerwonym, id_ank – kolejny identyfikator badania

id_uzyt	pz	pp	pc	nz	np	nc	id_ank
1	8	0	1	0	6	5	3
2	4	0	0	0	10	6	3
3	4	1	0	0	6	9	3
4	5	0	0	1	9	5	3
5	5	0	0	0	7	8	3
6	6	0	0	0	7	7	3
7	7	0	0	0	8	5	3
8	2	0	0	4	6	8	3
9	4	0	0	1	6	9	3
10	6	1	0	1	4	8	3
11	3	5	0	2	2	8	3

Źródło: Baza danych systemu [3]

Na podstawie tych danych wyznaczane są wagi:

$$w_a = pc + nz, w_b = np + pp, w_c = nc + pz \quad (1)$$

gdzie:

w_a – suma z liczników zdarzeń nieprawidłowych,

w_b – suma z liczników zdarzeń ryzykownych,

w_c – suma z liczników zdarzeń prawidłowych.

Z wartości wag (1) wyznaczane są wskaźniki $r1$ oraz $r2$:

$$r1 = \frac{w_a}{w_a + w_b + w_c}, \quad (2)$$

$$r2 = \frac{w_a + w_b}{w_a + w_b + w_c}, \quad (3)$$

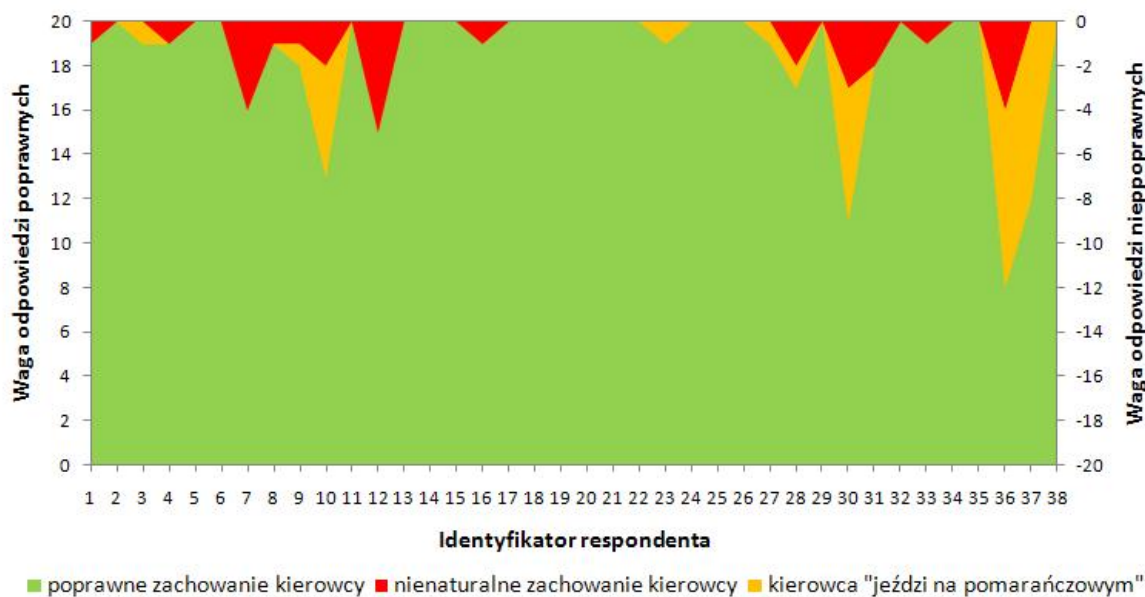
służące klasyfikacji respondenta do grup osób objętych ryzykiem ρ wystąpienia dysfunkcji widzenia barw.

Na potrzeby wstępnej analizy próby pozyskanej w fazie testów systemu [3] przyjęto następujące wartości progowe:

- dla $\rho \approx 1$, $r1 \in \langle 0.1, 0.4 \rangle$ lub $r2 \in \langle 0.2, 0.7 \rangle$, co jest klasyfikowane jako podejrzenie wystąpienia dysfunkcji widzenia barw;
- dla $\rho \approx 0$, $r1 \in \langle 0, 0.1 \rangle \cup \langle 0.4, 1 \rangle$ lub $r2 \in \langle 0, 0.4 \rangle \cup \langle 0.7, 1 \rangle$, co jest klasyfikowane jako brak wskazań wystąpienia dysfunkcji widzenia barw.

Dolne zakresy wartości wskaźników $r1 \in \langle 0, 0.1 \rangle$ oraz $r2 \in \langle 0, 0.4 \rangle$ uwzględniają przypadek popełnienia jednokrotnej pomyłki przy podejmowaniu decyzji w trakcie jazdy przez uczestnika badania.

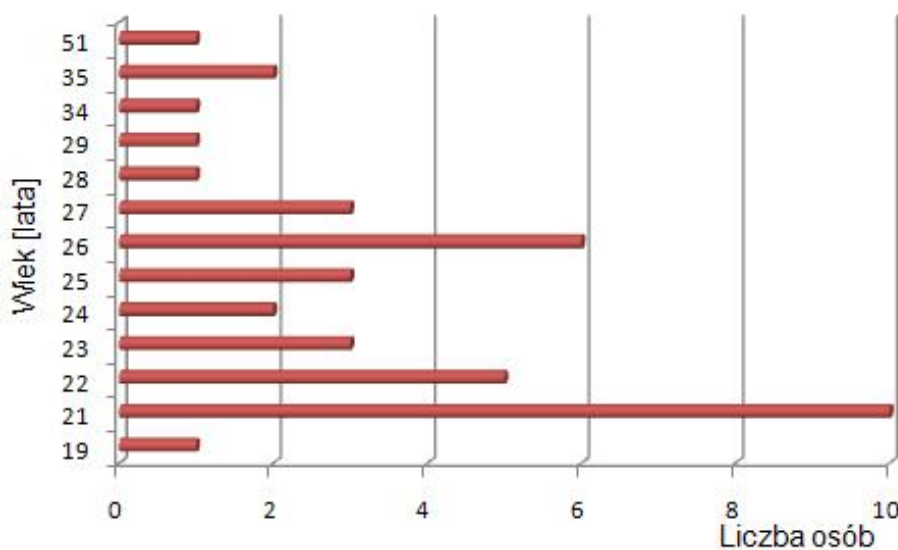
Rozkład wag (1) dla pierwszych 38 respondentów przedstawiony jest na rysunku 8.



Rys. 8. Rozkład wag dla wyników z jazdy symulatorem,
dla pierwszych 38 respondentów (źródło: opracowanie własne)

Wstępnie założone wartości wskaźników (2) i (3) mogą być obarczone błędem subiektywnym eksperta, przy podejmowaniu decyzji o klasyfikacji wyników dla małej liczebności próby – faza testowa pozyskiwania danych, na wersji prototypowej systemu [3]. W dalszych badaniach planowana jest weryfikacja i dostrojenie wartości progowych wskaźników $r1$ oraz $r2$ na znacząco większej próbie badawczej, co z kolei ma na celu doprecyzowanie wnioskowania algorytmu klasyfikowania osoby badanej przez system jako wykazującej dysfunkcję w widzeniu barw.

System, zgodnie z założeniami autorów, ma umożliwić przekrojową analizę statystyczną populacji, patrz podpunkt 3.1. Na potrzeby testów, wybrano cechy charakteryzujące populację wg kategorii: płci, miejsca zamieszkania, statusu kierowcy oraz wieku. Poniżej przedstawiono wyniki pozyskane w fazie testów prototypu systemu, próba liczyła 38 respondentów.



Rys. 9. Struktura wiekowa respondentów,
uczestniczących w fazie testów prototypu systemu (źródło: opracowanie własne)

TABELA 2

Analiza struktury badanej próby wg wybranych cech populacji, parametr ρ oznacza ryzyko wystąpienia dysfunkcji widzenia barw u respondenta

Cecha	$\rho \approx 1$	$\rho \approx 0$	Ogółem
<u>Płeć</u>			
Kobiety	3%	18%	21%
Mężczyźni	8%	71%	79%
<u>Mieszkaniec</u>			
Miasta	5%	50%	55%
Wsi	5%	39%	45%
<u>Status kierowcy</u>			
Brak prawa jazdy	3%	3%	5%
Kierowca niezawodowy	8%	79%	87%
Kierowca zawodowy	-	8%	8%
Ogółem	11%	89%	100%

Źródło: Opracowanie własne

Lista kategorii jest zmienna i może ulec doprecyzowaniu na potrzeby wybranej próby badawczej, np. ośrodka szkoleniowego, grupy zawodowej.

Otrzymane wyniki z próby znacznie odbiegają od wartości przyjętych dla populacji, w badanej próbie $\rho \approx 1$ zdiagnozowano u ok. 11% uczestników ogółem wobec obecnie uznawanych 5% [10]. Powodem tak dużego błędu może być zarówno zbyt mała liczebność próby testowej, jak i zbyt szerokie zakresy przyjętych wartości wskaźników (2) i (3).

Powyższa rozbieżność skłania autorów do dalszej pracy nad doprecyzowaniem kryteriów klasyfikacji.

Pomimo to, zdaniem autorów, zaproponowany system do interaktywnego badania dysfunkcji widzenia barw stanowi atrakcyjne narzędzie do wstępnego badania kandydatów na kierowców.

5. PODSUMOWANIE

Proponowana metoda wydaje się być atrakcyjną alternatywą dla testów Ishihary (i ich modyfikacji), które są aktualnie standardowo stosowane do wykrywania zaburzeń widzenia barw wśród kandydatów na kierowców. Jest szybka, łatwa w implementacji (wymagany jest tylko komputer z podłączeniem do Internetu, co jest standardem w polskich szkołach jazdy), dodatkowo umożliwia przetestowanie dużej liczby osób (np. całej grupy szkoleniowej) jednocześnie (pod warunkiem posiadania odpowiedniej liczby komputerów).

Autorzy pragną jednak zastrzec, że metoda powinna być traktowana jako sposób na usprawnienie procesu badania kandydatów na kierowców, nie zaś za jego substytut i uzyskane wyniki (w przypadku wykrycia zaburzeń widzenia barw) powinny zostać potwierdzone przez dokładne badanie lekarskie w specjalistycznym gabinecie (np. za pomocą metody lampowej).

LITERATURA

1. Benjamin, W. J. (ed.): *Borish's Clinical Refraction*, W.B. Saunders Company, 1998.
2. Bober D.: Internet jako narzędzie badania potrzeb konsumentów energii elektrycznej. w: Miłosz M., Muryjas P. (red): *Informatyka Stosowana - Eksploatacja*, PTI, Katowice 2007, pp. 117-126.
3. Bober D., Tkaczyk P., Kostrubała T., Gałka Ł., Giszczak P., Kulawiak A.: System gromadzenia wyników ankiety „Badanie kierowcy z zakresie postrzegania kolorów sygnalizacji świetlnej”, adres: <http://knip.pol.lublin.pl/~projekt16/ankieta.php?id=3>, data 20.03.2010.

4. Cole B.L., Lian K., Lakkis C.: The new Richmond HRR pseudoisochromatic test for colour vision is better than the Ishihara test, *Clinical and Experimental Optometry*, vol. 89 issue 2, 2006.
5. Cole B.L., Maddocks J. D.: *Vision research* 1998;38(21):3483-5.
6. Gegenfurtner K.R., Sharpe L.T.: *Color Vision: From Genes to Perception*. Cambridge University Press, Cambridge
7. Hoffman P.S.: *Accommodating Color Blindness* (2009). Data 2010-02-23
<http://www.digitalspaceart.com/articles/ColorBlindness.pdf>
8. Ishihara S.: *Tests for colour-blindness*. Handaya, Tokyo 1917, Hongo Harukicho.
9. Kaiser P.K., Boynton R.M.: *Human Color Vision*, Optical Society of America, Washington DC, 1996.
10. Laskowski M., Szymczyk T.: Economic and legal aspects of adjusting online advertisements for the visually impaired. *Актуальні проблеми економіки* 6 (108) 2010, pp. 301-308.
11. McIntyre D.: *Colour Blindness: Causes and Effects*. Dalton Publishing, Chester 2002.
12. Nizankowska M.H.: *Okulistyka. Podstawy kliniczne*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, 2007.
13. Shevell S. K.: *The Science of Color* (2nd ed.). Optical Society of America, Oxford 2003.
14. Vingrys A.J., Cole B.L.: Origins of Colour Vision Standards within the Transportation Industry, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 6(4) 1986, pp 369-375.

Rękopis dostarczono dnia 17.08.2010 r.

Opiniował: dr Lucyna Hemka

A PROTOTYPE OF A SYSTEM
FOR INTERACTIVE DETECTION
OF DICHROMATS AMONG THE CANDIDATES
FOR DRIVERS

Dariusz BOBER,
Maciej LASKOWSKI, Jacek KĘSIK

ABSTRACT *The problems with detecting color vision disorders in candidates for drivers are discussed in this paper. This is especially important in many countries, where colorblind people are prevented from having a driving license or engaging in certain occupations, thus the detection process should be most accurate, objective and faultless.*

Authors analyze the methods currently used in driving schools and their effectiveness, while presenting the prototype of a new interactive system of detecting people with potential color vision disorders (especially dichromats). The analysis of results obtained in driving school with the proposed prototype is also conducted and discussed.

Dr inż. Dariusz BOBER – asystent w Instytucie Informatyki Politechniki Lubelskiej. Absolwent studiów magisterskich na specjalności Inżynierskie Zastosowania Informatyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Lubelskiej w 2000 r. Absolwent studiów podyplomowych na specjalności *Rachunkowość i Finanse* w Wyższej Szkole Przedsiębiorczości i Administracji w Lublinie w 2003 roku.

Tytuł doktora uzyskał w 2009 roku, broniąc pracy „Hierarchiczny system sterowania zużyciem energii elektrycznej” przed Radą Wydziału Elektrotechniki i Informatyki macierzystej Uczelni. Specjalizacja wynikająca z zakresu prac badawczych i broniącej pracy obejmuje obszary Gospodarki Energetycznej oraz Systemów Sterowania.

Ponadto w obszarze IT specjalizuje się w zagadnieniach z obszarów: baz danych, hurtowni danych i systemów wsparcia biznesu. Prowadzi zajęcia dydaktyczne z Gospodarki Elektronicznej oraz Projektowania Systemów Informatycznych.

Recenzent materiałów konferencyjnych oraz członek Rady Programowej konferencji „Zarządzanie Energią i Teleinformatyka. ZET2010”.

Praktyk o ponad dziesięcioletnim doświadczeniu na stanowisku Administratora Sieci Komputerowych, w tym: administrator systemów informatycznych klasy ERP, m.in.: System21, SAP R3, Qguar; administrator systemów bazodanowych, m.in.: IBM DB2, Oracle, Postgresql, MySQL; projektant wielu raportów w obszarach: logistyki, produkcji, sprzedaży, transportu. W przeszłości autor i twórca systemu elektronicznej wymiany dokumentów biznesowych EDI/XML, eksploatowanego w latach 2002-2005 w jednym z lubelskich przedsiębiorstw produkcyjnych.



Mgr inż. Maciej LASKOWSKI – asystent w Instytucie Informatyki Politechniki Lubelskiej. Absolwent studiów magisterskich na kierunku Informatyka (specjalność *Inżynieria Oprogramowania*) na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej (2007). Absolwent studiów podyplomowych *Public Relations w Badaniach Naukowych* w Wyższej Szkole Ekonomii i Innowacji w Lublinie w 2009 roku.

Opiekun Koła Naukowego Informatyki PENTAGON. Sekretarz Lubelskiego Akademickiego Forum Informatycznego oraz członek Komitetu Organizacyjnego Konferencji Informatyki Stosowanej 2010.

W swoich badaniach naukowych zajmuje się tematyką osób niepełnosprawnych (szczególnie posiadających różnego rodzaju wady wzroku) w Internecie, a także szeroko pojętą tematykę usability. Wieloletni webmaster i grafik.

Dr inż. Jacek KĘSIK – adiunkt w Instytucie Informatyki Politechniki Lubelskiej. Absolwent studiów magisterskich na specjalności Inżynierskie Zastosowania Informatyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Lubelskiej w 1999 r.

Tytuł doktora uzyskał w 2007 roku, broniąc pracy „Wpływ informacji o wzajemnym położeniu kamer na złożoność algorytmów analizy cyfrowych obrazów stereowizyjnych” przed Radą Wydziału Elektrotechniki i Informatyki macierzystej Uczelni. Opiekun Koła Naukowego Informatyki „Pentagon Café”. W swoich badaniach naukowych zajmuje się szeroko rozumianą tematyką technologii internetowych (szczególnie



