

**Halszka SKÓRSKA**

E-mail: halszkas@gmail.com

**Jerzy SŁADEK**

Laboratorium Metrologii Współrzędnościowej, Politechnika Krakowska  
Wydział Mechaniczny, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

E-mail: sladek@mech.pk.edu.pl

## **Symulacyjne badanie wpływu interfejsu graficznego wyświetlacza typu *head-up* na percepcję kierowcy**

### 1 Wstęp

Rzeczywistość rozszerzona (ang. *augmented reality*, AR), system wykorzystywany przez nauki informatyczne do uzupełniania świata rzeczywistego o umieszczone w nim wirtualne, interaktywne elementy, znajduje obecnie coraz szersze zastosowanie w wielu dziedzinach, także w przemyśle samochodowym. Do wizualizacji treści wykorzystuje się wyświetlacze typu *head-up*, znane już od lat pięćdziesiątych XX wieku i stosowane w lotnictwie. W przemyśle motoryzacyjnym wyświetlacze te są obecne od 1988 roku. Ostatnio obserwuje się tendencję do coraz szerszego wykorzystania ich zarówno w samochodach luksusowych i sportowych, jak i w samochodach klasy średniej. Dostępnymi na rynku rozwiązaniami są wyświetlacze montowane fabrycznie, modele przenośne, a także aplikacje na smartfony umożliwiające włączenie trybu HUD dla systemu nawigacji. Wyświetlacze przeziernie, pretendujące do miana potrzebnego wyposażenia pojazdu, winny cechować się dobrym, prawidłowo zaprojektowanym interfejsem graficznym. Źle zaprojektowany, zamiast pomagać kierowcy, będzie go rozpraszał i stwarzał potencjalne zagrożenie dla bezpieczeństwa jazdy.

Biorąc pod uwagę powyższe, uznano za zasadne przeprowadzenie badań percepcji i czasu reakcji kierowcy na przykładzie wyświetlacza przeziernego typu *head-up*. Do uzyskania wyników badania percepcji i czasu reakcji wykorzystano metody symulacyjne. W symulacji wykorzystano slajdy przedstawiające sytuacje drogowe z naniesionymi interfejsami wyświetlacza przeziernego typu *head-up*. Na potrzeby badań opracowano w programie Photoshop Portable proponowane warianty interfejsu graficznego wyświetlacza przeziernego. Aby symulować wnętrze samochodu z działającym wyświetlaczem przeziernym, wykonano zdjęcia z fotela kierowcy w ruchu drogowym. Percepcję kierowcy zbadano, wykorzystując metodę śledzenia ruchów gałek ocznych. Na podstawie wyników badań opracowano efektywny interfejs graficzny wyświetlacza *head-up*.

## 2 Metodyka badań

W celu przeprowadzenia badań dokonano analizy literatury zajmującej się badaniami psychotechnicznymi kierowców, badaniami percepcji, użyteczności oraz czasu reakcji. Do określenia funkcji percepcyjnych wykorzystuje się badania lekarskie i metodę śledzenia ruchów gałek ocznych – *eye-tracking*. Badania lekarskie mają na celu zbadanie ostrości wzroku i pola widzenia oraz rozróżniania barw. Nie są one jednak w stanie określić innych elementów składających się na percepcję, np. dokładnego i szybkiego spostrzegania. *Eye-tracking* pozwala na obiektywną ocenę zachodzących procesów percepcji dzięki rejestrowaniu punktów skupienia wzroku oraz ruchów gałek ocznych.

Jedną ze składowych percepcji jest czas reakcji. Dla kierowców do jego oceny wykorzystuje się: badania na torach badawczych lub odcinkach dróg; obserwację kierowców w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego; badania kierowców w symulatorach jazdy; badania na stanowiskach do oceny zdolności psychotechnicznej kierowców.

Badania na torach badawczych i obserwacje w warunkach ruchu drogowego najdokładniej odzwierciedlają rzeczywiste reakcje badanych. Trudnością w ich przeprowadzeniu są: organizacja badań, powtarzalność warunków, w jakich zostały przeprowadzone badania, interpretacja wyników oraz koszty badań tego typu.

W przypadku symulatorów jazdy lub badań na stanowiskach środowisko badania jest sztuczne. Ponadto, ze względu na problemy z dostępnością urządzeń, nie można prowadzić badań na szeroką skalę, chociaż charakteryzuje je wygoda i powtarzalność warunków badań.

Systemem testowym poświęconym badaniu kierowców pod kątem badania percepcji i czasu reakcji jest Wiedeński System Testów. Do oceny percepcji wykorzystuje on Adaptacyjny Tachistoskopowy Test Spostrzeżeniowy w Ruchu Drogowym ATAVT, natomiast do oceny czasu reakcji Test Czasu Reakcji RT. ATAVT ocenia głównie szybkość percepcji i odnosi się do szybkiej identyfikacji obiektów i wzorów. RT bada funkcjonowanie uwagi, pozwala na zbadanie reakcji prostych i reakcji z wyborem. Pomiar dokonywany jest z dokładnością do milisekundy. W skład Wiedeńskiego Systemu Testów wchodzi: monitor, komputer z zainstalowanymi testami i zewnętrzne urządzenia do obsługi testów.

Decydując o adekwatnej liczbie badanych, nie znaleziono jednoznacznej odpowiedzi odnośnie do odpowiedniej liczby uczestników badania, jednakże Nielsen [4], mówiąc o interfejsach graficznych, ocenił, że najlepsze wyniki uzyskuje się przy badaniu pięciu użytkowników. Uzasadnia on, że każda kolejna osoba powyżej pięciu dodaje zbyt mało nowych informacji w stosunku do poprzedników, aby badanie było ekonomiczne.

Po przeanalizowaniu dotychczas stosowanych metod badań wybrano sposób postępowania odpowiedni do przedstawionego zagadnienia i stworzono stanowisko badawcze oraz wybrano grupę badanych.

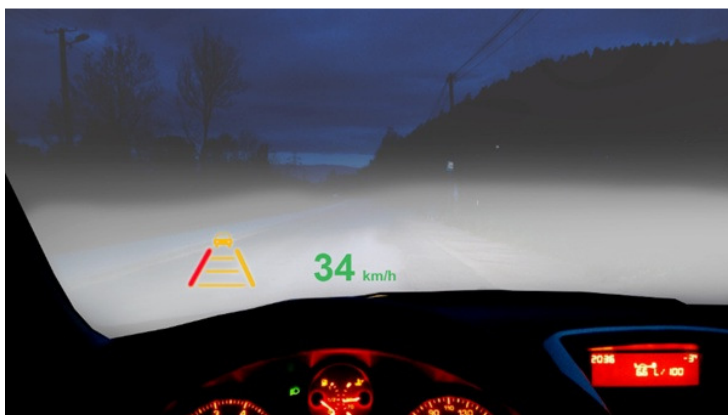
## 3 Stanowisko badawcze i grupa badanych

Badanie przeprowadzono na grupie 7 osób w wieku 23-26 lat, posiadających prawo jazdy kat. B (kilku też A i C). Wszyscy byli po badaniach lekarskich na zdolność

do kierowania pojazdami i mieli ostrość wzroku dobrą lub skorygowaną do normalnej. Biorąc pod uwagę metody oceny czasu reakcji, zdecydowano o utworzeniu stanowiska do zbadania zarówno percepcji, jak i czasu reakcji.

Do uzyskania wyników badania percepcji i czasu reakcji zastosowano metody symulacyjne. W symulacji wykorzystano slajdy przedstawiające sytuacje drogowe z naniesionymi interfejsami wyświetlacza przeziernego typu *head-up*. Na potrzeby badań w programie Photoshop Portable opracowano proponowane warianty interfejsu graficznego wyświetlacza przeziernego. Aby zasymulować wnętrze samochodu z działającym wyświetlaczem *head-up*, wykonano zdjęcia z fotela kierowcy w ruchu drogowym. Wykorzystano zdjęcia z pojazdów: Peugeot 207 i Ford Fusion. Wybór ten był związany z różnicami powierzchni przedniej szyby oraz pola widzenia kierowcy, jaka występuje w obu tych modelach.

Przy pomocy programu Adobe Photoshop Portable nałożono na zdjęcia zaprojektowane uprzednio interfejsy graficzne. Przygotowane slajdy, przeznaczone do badań percepcji i czasu reakcji, przeniesiono do programu Microsoft PowerPoint. Pomiaru czasu reakcji dokonywano przy pomocy wyświetlającego slajdy laptopa oraz stoperów odmierzających czas co do setnej sekundy.



*Rys. 1. Przykład symulowanej sytuacji*

*Fig. 1. An example of a simulated situation*

Slajdy wyświetlono na stanowisku badawczym, w skład którego wchodził wyposażony w kamerę internetową laptop HP Pavilion o przekątnej ekranu 15,6" oraz stopery. Na laptopie zainstalowano oprogramowanie do śledzenia ruchu gałek ocznych i generowania statycznych i dynamicznych map cieplnych – GazeRecorder.

#### **4 Badanie czasu reakcji prostej**

Badanie czasu reakcji prostej składało się z 10 sytuacji drogowych, w których symulowano sytuację, gdy wyświetlacz podaje informację ostrzegawczą – było to związane z potrzebą określenia czasu reakcji badanych na nieznaną sytuację. W badaniu czasu reakcji posłużono się metodą odejmowania Dondersa: w danym przypadku od wartości czasu odnotowanej na stoperze badanego odejmowano wartość zapisaną

na stoperze badającego. Otrzymana różnica stanowi czas reakcji badanego na wyświetlany bodziec.

Na stanowisku wyświetlano pokaz 20 slajdów: 10 sytuacji przedstawiających różne sytuacje drogowe oraz 10 przedstawiających te same sytuacje, ale z nałożonym interfejsem graficznym wyświetlającym informację ostrzegawczą. Slajdy były wyświetlane naprzemiennie – sytuacja bez interfejsu oraz sytuacja z nałożonym interfejsem – w różnych odstępach czasowych. Stoper badanych był uruchamiany w momencie włączenia się slajdu z nową sytuacją drogową bez komunikatu ostrzegawczego. Zadaniem badanych było zatrzymanie stopera w momencie, w którym dostrzegli wyświetlenie się komunikatu ostrzegawczego i zrozumieli znaczenie odejmowanego czasu, przez jaki była wyświetlana sytuacja bez komunikatu ostrzegawczego. Badanie było przeprowadzone z dokładnością do setnej sekundy.

Średnia czasu reakcji wszystkich badanych wynosiła 0,823 sekundy. Za klasyczną wartość czasu reakcji kierowcy w przeciętnych warunkach uznano jedną sekundę. Należy zatem uznać, że średni wynik badania wynoszący 0,823 s. jest wynikiem bardzo dobrym.

Na podstawie przeprowadzonego badania czasu reakcji zaobserwowano ponadto, że w zależności od konfiguracji wyświetlacza oraz sposobu prezentacji danych zmienia się czas reakcji badanych.

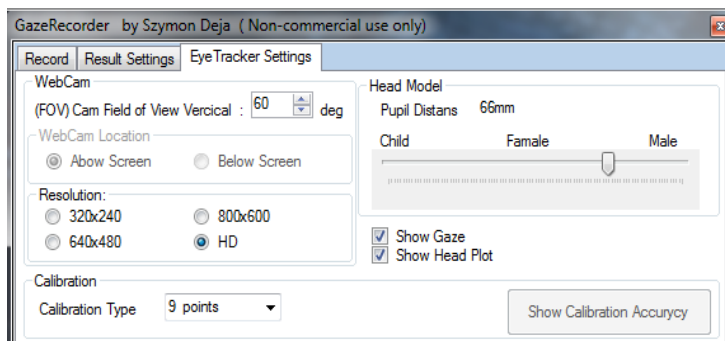
## 5 Badanie percepcji

Percepcję kierowcy zbadano, wykorzystując metodę śledzenia ruchów gałek ocznych - *eye-tracking*. Metoda ta pozwala określić miejsce i moment skupienia wzroku badanego.

Badanie wykonano przy pomocy 14 zaprojektowanych na potrzeby badania slajdów z sytuacjami drogowymi i naniesionym interfejsem systemu AR. Każdy slajd był wyświetlany przez 7 sekund. Przy pomocy śledzącego ruchy gałek ocznych programu GazeRecorder i laptopa wyposażonego w kamerę internetową nagrano następnie dynamiczne mapy cieplne. W celu uzyskania obrazu maksymalnie zbliżonego do rzeczywistych ruchów gałek ocznych wykonano kalibrację w programie GazeRecorder.

Ustawiono typ kalibracji spojrzenia na kalibrację w 9 punktach monitora oraz wpisano rozstaw źrenic badanych. Badani o skorygowanej ostrości wzroku znali swój rozstaw źrenic i mogli go podać, natomiast dla badanych o normalnej ostrości wzroku przyjęto średni rozstaw źrenic: dla kobiet (63 mm) i dla mężczyzn (66 mm). Dane były przetwarzane przez program w odstępach 200 ms. Obraz nagrywano w rozdzielczości 1366x768 (monitor 15,6"). Średni czas przeprowadzonego badania percepcji przy pomocy oprogramowania pozwalającego śledzić ruchy gałek ocznych dla każdego badanego wynosił około 2 minuty. W ten okres nie wliczono czasu potrzebnego na kalibrację oprogramowania GazeRecorder.

*Symulacyjne badanie wpływu interfejsu graficznego  
wyświetlacza typu head-up na percepcję kierowcy*



*Rys. 2. Zastosowane ustawienia kalibracji w programie GazeRecorder*

*Fig. 2. Calibration settings used in the GazeRecorder software*

Na podstawie uzyskanych dynamicznych map cieplnych wygenerowano mapy statyczne. W wyniku badania uzyskano 98 statycznych map cieplnych oraz 7 dynamicznych map cieplnych. Mapę interpretuje się w następujący sposób: im cieplejszy kolor lub im więcej na mapie czerwieni, tym dłużej badany skupiał wzrok na danym miejscu w stosunku do łącznego czasu poświęconego na patrzenie na dany slajd. Kolor czerwony oznacza najdłuższy czas, w jakim badani skupiali wzrok w danym miejscu, natomiast kolor zielony oznacza krótkotrwałe skupienie wzroku w danym punkcie. Uzyskane dane dają obraz tego, czy element interfejsu był przez badanych dostrzeżony, oraz sumarycznie: jak długo zatrzymywali oni na nim wzrok. Wygenerowane mapy cieplne zostały na siebie nałożone w programie Photoshop, w celu uzyskania ogólnego obrazu percepcji badanych. Aby nie zaciemniać badania zdecydowano o nałożeniu na siebie po trzy najbardziej reprezentatywne mapy cieplne. Większa liczba nałożonych na siebie map sprawiała, że warstwy znajdujące się pod spodem stawały się całkowicie niewidoczne bądź zmieniały barwę, co samo w sobie zaburzało obraz badania. W ten sposób z 42 najbardziej reprezentatywnych map uzyskano 14 ogólnych map cieplnych.



*Rys. 3 Przykład ogólnej statycznej mapy cieplnej symulowanej sytuacji*

*Fig. 3. An example of the general static heat map of a simulated situation*

Podczas interpretacji wyników badania wzięto pod uwagę błąd, z jakim oprogramowanie może interpretować miejsce, w którym badany zatrzymywał spojrzenie, oraz to, że obszar pola widzenia człowieka obejmuje więcej niż tylko punkt, w którym skupiany jest wzrok. Uzyskane dane dają obraz tego, czy element interfejsu był przez badanych dostrzeżony, oraz sumarycznie: jak długo zatrzymywali oni na nim wzrok. Po badaniu wszyscy uczestnicy odpowiedzieli na 8 pytań ankiety dotyczącej zaprezentowanego interfejsu.

Na podstawie przeprowadzonego badania stwierdzono, że na percepcję kierowcy wpływa sposób przedstawienia danych na wyświetlaczu. Istotny jest zarówno kolor i rozmiar elementów interfejsu, jak i konfiguracja oraz miejsce umieszczenia danych na wyświetlaczu. Dla postrzegania istotne jest również rozmieszczenie elementów interfejsu w punkcie centralnym nad kierownicą, aby kierowca nie odrywał wzroku od jezdni, ale jednocześnie nie mogą być one umieszczone zbyt wysoko. Rozmieszczone w nieodpowiedni sposób elementy interfejsu mogą zaciemniać pole widzenia i przez to stwarzać zagrożenie dla kierującego pojazdem oraz jego pasażerów.

Podsumowując, badanie percepcji wykazało wpływ konfiguracji interfejsu graficznego systemu AR na percepcję użytkownika.

## 6 Projekt efektywnego wyświetlacza

Na podstawie uzyskanych badań symulacyjnych utworzono projekt efektywnego interfejsu graficznego systemu AR. Powstał on na bazie opracowanych na potrzeby badań percepcji przykładowych interfejsów graficznych. Analiza wyników badania wpłynęła na kształt, sposób prezentacji danych i zawartość wyświetlacza. Ideą projektu było stworzenie interfejsu poprawiającego bezpieczeństwo i komfort jazdy kierowcy.



*Rys. 4. Projekt optymalnego interfejsu graficznego – wygląd o zmierzchu*

*Fig. 4. The design of an optimal graphical user interface – at twilight*

Zadecydowano zatem o ograniczeniu liczby użytych kolorów głównych do czterech: morski dla prędkościomierza i obrotomierza; jaskrawy niebieski dla wskazówek nawigacji; żółty dla komunikatów ostrzegawczych; czerwony dla informacji o niebezpieczeństwie. Dodatkowo wyświetlanymi barwami są czarny i biały, jako kolory pomocnicze do komunikatów nawigacji oraz znaku ograniczenia prędkości.

Zadecydowano o utworzeniu trzech trybów wyświetlania danych: standardowego, nawigacji oraz użytkownika. Jednocześnie, ze względu na bezpieczeństwo jazdy, zadecydowano, że wyświetlacz nie może podawać więcej niż cztery informacje jednocześnie.

W trybie standardowym wyświetlanymi informacjami są jedynie: prędkość pojazdu oraz ograniczenia prędkości. W przypadku przekroczenia dopuszczalnej prędkości barwa prędkościomierza zmienia się z morskiej na czerwoną.

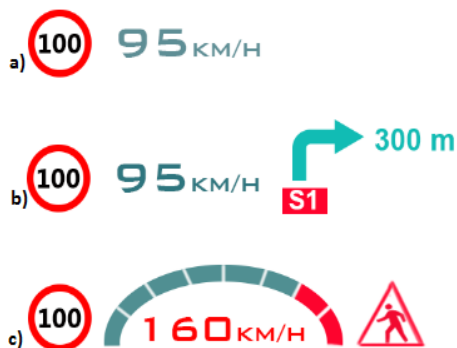
W trybie nawigacji, oprócz prędkościomierza i ograniczeń prędkości, wyświetlane są dodatkowo wskazówki nawigacji. Zadecydowano o użyciu jaskrawo niebieskiego koloru, dobrze widocznego zarówno w dzień, jak i w nocy.

Ideą trybu użytkownika było, aby kierowca mógł samodzielnie dopasować zawartość wyświetlacza do swoich potrzeb. W trybie tym tylko prędkościomierz pozostaje włączony na stałe, pozostałe funkcje użytkownik mógłby dowolnie włączać i wyłączać.

Informacjami, włączenie których użytkownik mógłby wybrać, są: obrotomierz, kontrolki ostrzegawcze pojazdu, informacje o ograniczeniach prędkości, informacje z asystenta toru jazdy LDW, ostrzeżenia z systemu utrzymującego bezpieczną odległość między pojazdami ACC oraz system zapobiegania kolizji.

Każdy segment na obrotomierzu oznacza 1 000 obr./min. W przypadku, gdy pojazd wchodzi na zbyt wysokie obroty, barwa poszczególnych segmentów obrotomierza zmienia się na czerwoną. Zakresem, w którym barwa zmienia się na czerwoną, jest przedział pomiędzy 6 000 a 8 000 obr./min.

Wydaje się, że proponowany projekt interfejsu wykorzystuje wszystkie wskazówki, które wyniknęły z przeprowadzonych badań percepcji i wniosków z wyników ankiety, przy jednoczesnym zachowaniu wymogów czytelności i przystępności dla użytkownika. Może więc gwarantować nie tylko zachowanie, ale nawet zwiększenie komfortu i bezpieczeństwa jazdy.



Rys. 5. Rys. 5. Trzy tryby projektowanego interfejsu: a) standardowy. b) nawigacji, c) użytkownika

Fig. 5. Three modes of the designed GUI: a) standard, b) navigation, c) user's

## 7 Podsumowanie

W wyniku badań percepcji i czasu reakcji uzyskano potwierdzenie postawionej hipotezy badawczej – w zależności od zastosowanej konfiguracji interfejsu wyświetlania zmienia się czas reakcji i stopień percepcji badanych. Na ich podstawie opracowano projekt efektywnego interfejsu graficznego wyświetlacza typu *head-up*. Powstał on na bazie opracowanych na potrzeby badań percepcji i czasu reakcji przykładowych interfejsów graficznych. Na kształt oraz sposób prezentacji danych wpłynęła analiza wyników symulacji, a na zawartość wyświetlacza – wyniki ankietyzacji przeprowadzonej wśród uczestników badania. Ideą projektu było stworzenie efektywnego interfejsu graficznego systemu AR – wyświetlacza typu *head-up*, który przyczyniałby się zarazem do poprawy bezpieczeństwa, jak i komfortu jazdy. Kierunek dalszych badań to między innymi wykorzystanie systemów AR dla poprawienia warunków pracy oraz bezpieczeństwa jazdy kierowców TIR. Szczególnie istotne jest usunięcie przy pomocy systemów AR oraz wyświetlaczy przeziernych problemu istnienia martwych punktów w kabinie TIR. W tym celu możliwe jest wykorzystanie informacji z kamer o widzialności kątowej 360°.

## Literatura

1. Bąk J.: Psychologiczne badania kierowców. *Bezpieczeństwo Pracy* nr 6, s. 12-15, 2004
2. Guzek M., Kobyłański K.: Badanie czasu reakcji kierowców z wykorzystaniem urządzenia MCR-2001E. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport* z. 96. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2013
3. Merksiz J., Galant M., Orszulak B.: Badanie wpływu treningu symulatorowego na czas reakcji kierowcy. *Logistyka – nauka*, nr 6/2014, s. 7293-7299, Poznań 2014
4. Nielsen J., Landauer T. K.: A mathematical model of the finding of usability problems, *Proceedings of ACM INTERCHI'93 Conference*, str. 206-213, ACM, New York 1993
5. Niezgoda M., Kamiński T., Ucińska M., Tokarczyk E., Kruszewski M.: Komputerowe systemy wspomaganie psychologicznych badań kierowców. *Logistyka – Nauka*, nr 6/2011, s. 3027-3034, Poznań 2011
6. Piotrowska I.: Okulografia w badaniach postrzegania i konstruowania wiedzy geograficznej, *Prace Komisji Edukacji Geograficznej* t.3, s. 175-189, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2014



## Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań percepcji użytkownika systemu rzeczywistości rozszerzonej (AR) uzyskanych na podstawie przeprowadzonych symulacji. Na obiekt badań i eksperymentów symulacyjnych wybrano wyświetlacz przezierny typu *head-up* stosowany w samochodach. Założono, że konfiguracja interfejsu graficznego systemu rzeczywistości rozszerzonej wpływa na percepcję i czas reakcji użytkownika systemu. Percepcję kierowcy zbadano, wykorzystując metodę śledzenia ruchu gałek ocznych i odpowiednie oprogramowanie. W wyniku badań opracowano efektywny interfejs graficzny systemu AR.

**Słowa kluczowe:** rzeczywistość rozszerzona, wyświetlacz przezierny, interfejs graficzny, percepcja, czas reakcji

## **A simulation study of the head-up display's graphical user interface and its influence on the driver's perception**

### Summary

The article presents the results of a simulation study of the augmented reality system and its influence on the user's perception. The automotive head-up display was chosen as a subject of both the research and the simulation. It was assumed that the configuration of the GUI influences the perception and response time of the user of the augmented reality system. The perception of the driver was tested by using the eye-tracking device with a software. The optimal graphical user interface (GUI) was developed as a result of the research.

**Keywords:** augmented reality, head-up display, graphical user interface, perception, reaction time

Prezentowane wyniki badań, zrealizowane w ramach tematu nr M-10/174/2016/DS, zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

