

Grzegorz OWCZAREK
Grzegorz GRALEWICZ

SPOSÓB PREZENTACJI GRAFICZNEJ INFORMACJI WYŚWIETLANYCH W MODELU RZECZYWISTOŚCI WZBOGACONEJ ZINTEGROWANYM Z PRZYŁBICĄ SPAWALNICZĄ

STRESZCZENIE *Systemy rzeczywistości wzbogaconej (AR – ang. Augmented Reality), z uwagi na możliwość wprowadzenia w pole widzenia dodatkowych – generowanych komputerowo – informacji, znajdują również zastosowanie w procesie pracy, w szczególności w konstrukcji zaawansowanych technicznie środków ochrony oczu. Istotnym zagadnieniem przy projektowaniu tego typu systemów jest projekt interfejsów graficznych. W pracy omówiono przykłady projektowania tego typu interfejsów dla systemów AR przeznaczonych do integracji z przyłbicą spawalniczą. Sposób i forma wyświetlania informacji nie może zakłócać obserwacji obszaru spawanego prowadzonej przez automatyczny filtr spawalniczy. Dla zaproponowanych wzorów interfejsu graficznego przeprowadzono badania użytkowe, których celem była ocena sposobu prezentacji graficznych (czytelność i rozmieszczenie znaków, sposób konfiguracji itp.) oraz sprawdzenie reakcji uczestników badań na pojawianie się dodatkowych informacji wizualizowanych w systemie rzeczywistości wzbogaconej. Ocena sposobu prezentacji graficznych została przeprowadzona w badaniach ankietowych. Sprawdzenie reakcji spawaczy przeprowadzono poprzez symulację – wprowadzanie przypadkowych informacji wyświetlanych w systemie AR podczas prowadzenia prac spawalniczych. Wyniki badań pozwoliły na zweryfikowanie projektu interfejsów graficznych przeznaczonych do zastosowania w opracowywanym przez autorów systemie AR zintegrowanym z przyłbicą spawalniczą.*

Słowa kluczowe: *przyłbice spawalnicze, rzeczywistość wzbogacona, interfejsy graficzne*

dr inż. Grzegorz OWCZAREK, dr inż. Grzegorz GRALEWICZ
e-mail: [growc, grgra]@ciop.lodz.pl

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 264, 2014

1. WSTĘP

Systemy rzeczywistości wzbogaconej (ang. *Augmented Reality – AR*) pozwalają na obserwowanie otaczającej rzeczywistości oraz wprowadzenie w pole widzenia dodatkowych informacji. Autorem pojęcia *Augmented Reality* jest Tom Caudell, który w 1992 roku dla pracowników Boeinga stworzył system ułatwiający montaż przewodów, wykorzystujący tę technologię [1]. Systemy rzeczywistości wzbogaconej można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- umożliwiające wyświetlanie informacji bezpośrednio przed oczami użytkownika,
- wyświetlające obrazy/informacje skorelowane przestrzennie z obserwowaną rzeczywistością na ekranach zewnętrznych.

W procesie pracy układy AR znajdują głównie zastosowanie podczas wykonywania czynności o złożonym charakterze, wymagającej od pracownika odbioru i szybkiej analizy dużej ilości informacji [2-4]. Aby takie układy były akceptowane przez użytkowników, muszą spełniać szereg wymagań w zakresie rozwiązań technicznych i ergonomicznych, uwzględniających komfort użytkownika oraz rzeczywiste potrzeby użytkownika. Z tego względu systemy AR są projektowane głównie pod kątem ich zastosowania dla konkretnie zdefiniowanej grupy przyszłych użytkowników. Grupą taką mogą być pracownicy obsługujący maszyny, dla których systemy AR służą do generowania sygnałów ostrzegawczych o zagrożeniach wynikających np. z awarii maszyny [5]. Podczas wykonywania czynności serwisowych systemy AR mogą dostarczać użytkownikom informacji o kolejności wykonywanych czynności. Przykłady zastosowań takich systemów można znaleźć w przemyśle motoryzacyjnym [6] lub podczas prac z materiałami niebezpiecznymi [7]. W medycynie dedykowane systemy AR mogą być wykorzystywane np. przy zabiegach chirurgicznych [8], jak również podczas zabiegów rekonstrukcyjnych w chirurgii szczękowej [9]. Szeroką grupą odbiorców systemów rzeczywistości wzbogaconej są również osoby szkolące się w wykonywaniu określonych czynności wymagających zapamiętania wielu następujących po sobie etapów.

Podczas prowadzenia prac spawalniczych stosowane są technologie spawania łukowego, gazowego oraz szereg technik pokrewnych. Podczas spawania (wyłączając automatyczne linie spawalnicze) konieczne jest zastosowanie środków ochrony indywidualnej, w szczególności środków ochrony oczu i twarzy w postaci spawalniczych przyłbic lub tarcz. Przyłbice spawalnicze wykonywane są z tworzyw sztucznych metodą wtryskową lub z wysokogatunkowego preszpanu lub fibry. Osłony spawalnicze wykonane metodą wtryskową charakteryzują się konstrukcją pozwalającą na integrację elementów systemu rzeczywistości wzbogaconej.

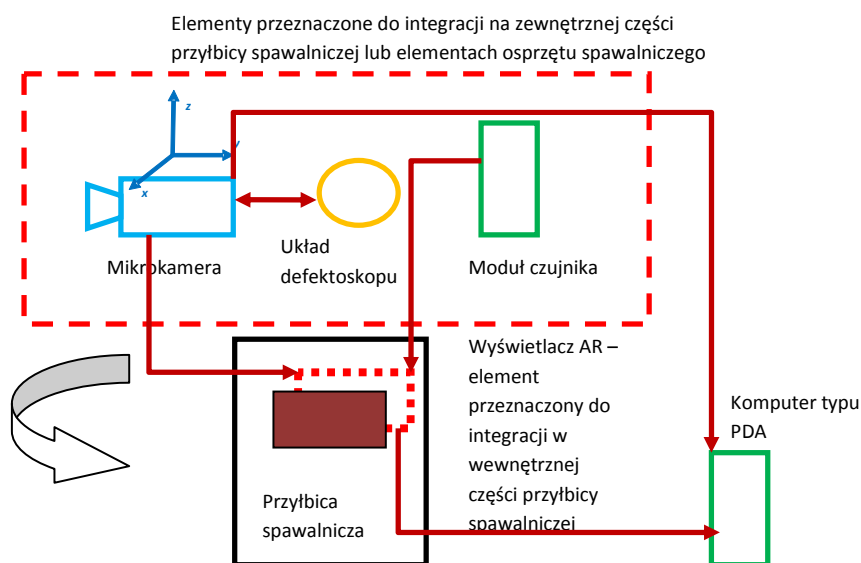
W artykule omówiono przykłady projektowania tego typu interfejsów dla systemów AR przeznaczonych do integracji z przyłbicą spawalniczą. Dla zaprojektowanych interfejsów graficznych przeprowadzono badania z udziałem uczestników, których celem była ocena sposobu prezentacji graficznych (czytelność i rozmieszczenie znaków, sposób konfiguracji itp.) oraz sprawdzenie reakcji na pojawianie się dodatkowych informacji wizualizowanych w systemie rzeczywistości wzbogaconej.

2. MODEL SYSTEMU RZECZYWISTOŚCI WZBOGACONEJ ZINTEGROWANY Z OSŁONĄ SPAWALNICZĄ

Koncepcja systemu rzeczywistości wzbożonej jako urządzenia zintegrowanego z osłoną spawalniczą zakłada rozszerzenie funkcji aktualnie stosowanych osłon spawalniczych o takie funkcje dodatkowe, jak:

- obserwacja otoczenia obszaru spawania,
- informowanie spawacza o parametrach i warunkach spawania oraz o zagrożeniach środowiskowych,
- informowanie spawacza o defektach obrabianego materiału [10].

Do budowy modelu wykorzystano następujące podstawowe elementy składowe: mikrokamerę, moduł czujnika (monitorowanie wybranych zagrożeń środowiskowych), układ defektoskopu, wyświetlacz rzeczywistości wzbożonej (wyświetlacz AR), komputer typu PDA. Diagram przedstawiający zasadnicze elementy systemu rzeczywistości wzbożonej, przeznaczone do integracji z przyłbicą spawalniczą, przedstawiono schematycznie na rysunku 1.

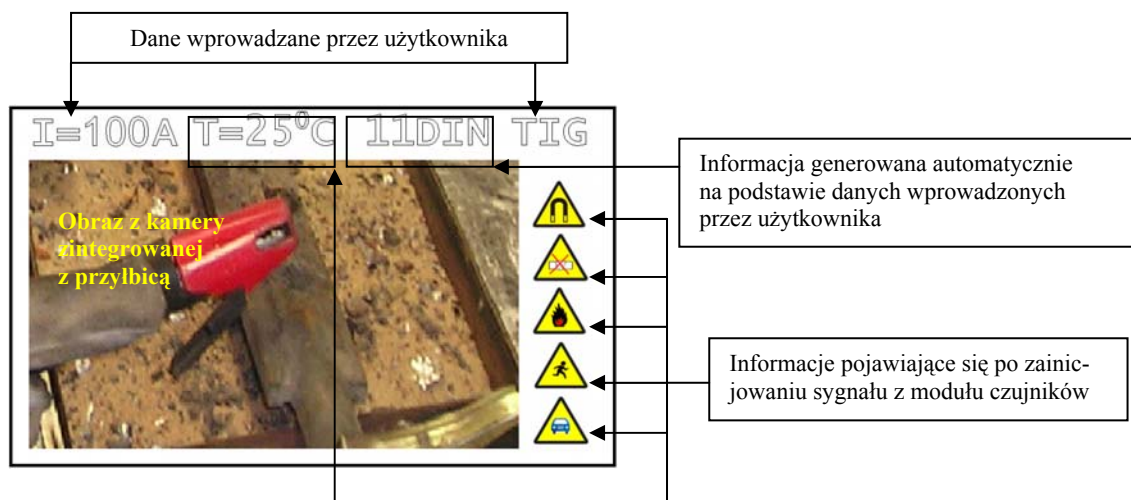


Rys. 1. Zasadnicze elementy systemu rzeczywistości wzbożonej, przeznaczone do integracji z przyłbicą spawalniczą [11]

3. SPOSOBY PREZENTACJI GRAFICZNEJ

W modelu systemu rzeczywistości wzbożonej, który przeznaczony jest do integracji z przyłbicą spawalniczą, zastosowano dwa rodzaje wyświetlaczy rzeczywistości wzbożonej: pryzmatyczny i półprzezroczysty (OLED).

Dla modelu wyświetlacza pryzmatycznego opracowano wzór interfejsu graficznego, który przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wzór interfejsu graficznego

Wyświetlany jest obraz zarejestrowany przez kamerę zintegrowaną z przyłbicą oraz następujące informacje: natężenie prądu spawania, temperatura spawanego miejsca, zastosowane oznaczenie filtra spawalniczego, metoda spawania, informacje o zagrożeniach polem magnetycznym, występowaniu defektów, zagrożeniu dymami, pojawieniu się osób lub innych obiektów znajdującymi się w otoczeniu spawacza

Interfejs ten umożliwia prezentację 10 elementów. Liczba wyświetlanych informacji zależy od przeprowadzonej wcześniej konfiguracji, co umożliwi ograniczenie liczby wyświetlanych informacji do niezbędnego minimum (informacje uznane za użyteczne w określonych warunkach pracy). Wyniki badań użytkowych oraz konsultacje ze spawaczami, prowadzone równoległe do prac projektowych, wskazały na potrzebę uproszczenia sposobu wyświetlania znaków graficznych. W projekcie interfejsu graficznego, który został zaprojektowany i wykonany głównie dla potrzeb wyświetlacza OLED, zmieniono radykalnie podejście w sposobie, w jaki informacje o środowisku pracy spawacza mogą być prezentowane. Wcześniej założono, że wyświetlane informacje mają odwzorowywać w sposób szczegółowy i jednoznaczny wybrane sytuacje/zagrożenia. Przykładem takiego podejścia było m.in. zastosowanie dwóch różnych znaków graficznych do poinformowania spawacza o osobach postronnych znajdujących się w pobliżu oraz o występowaniu ewentualnych zagrożeń w ruchu ulicznym. Obie informacje (ikony przedstawiające sposób zaprezentowania tych informacji na interfejsie graficznym zaprezentowano na rysunku 3).



Rys. 3. Ikony przedstawiające sposób zaprezentowania informacji o osobach postronnych znajdujących się w pobliżu oraz o występowaniu ewentualnych zagrożeń w ruchu ulicznym

Źródłem informacji, na podstawie których mogą być wygenerowane ikony, jest obraz rejestrowany przez kamerę zewnętrzną. Kolejnym przykładem wykorzystania dwóch różniących się wyglądem znaków graficznych do wyświetlenia informacji z tego samego źródła (moduł czujników monitorujących zagrożenia środowiska pracy) są ikony przedstawiające np. ostrzeżenie o zagrożeniach polem magnetycznym oraz zagrożenie oparami i dymami podczas spawania (rys. 4).

Rys. 4. Ikony przedstawiające sposób zaprezentowania informacji o zagrożeniach polem magnetycznym oraz zagrożenie oparami i dymami podczas spawania



Zasada, zgodnie z którą wyświetlane są znaki graficzne w module wyświetlacza rzeczywistości wzbogaconej, jest w obu przypadkach taka sama. W pierwszej kolejności jest generowana informacja z kamery lub czujnika, następnie informacja ta jest przetwarzana (np. określenie, czy poziom zagrożenia dymami przekracza dopuszczalne wartości), a na koniec generowana jest ikona interfejsu graficznego. We wzorze interfejsu graficznego do wyświetlacza pryzmatycznego, pojawiające się ikony miały wywołać trzy rodzaje reakcji spawacza:

- przerwanie pracy. Podniesienie przyłbicy spawalniczej i kontrola położenia przewodów (w przypadku przekroczenia dopuszczalnego narażenia na pole magnetyczne);
- natychmiastowe przerwanie pracy. Podniesienie przyłbicy spawalniczej i kontrola wzrokowa otoczenia;
- natychmiastowe przerwanie pracy i ogłoszenie alarmu. Nie można kontynuować pracy.

Niezależnie od ilości ikon we wzorze interfejsu graficznego oraz sposobu przetwarzania informacji, reakcje spawacza na pojawiające się informacje można więc podzielić na trzy rodzaje, które ogólnie można określić jako:


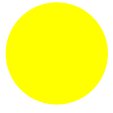
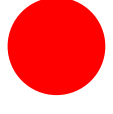
- *Uważaj* – jest to rodzaj ostrzeżenia, które może wiązać się z koniecznością przerwania pracy;
- *Niebezpieczeństwo* – jest to rodzaj ostrzeżenia, które powinno wiązać się z przzerwaniem pracy i koniecznością kontroli otoczenia miejsca spawania (w różnych aspektach, związanych nie tylko z kontrolą położenia przewodów itp.);
- *Bardzo duże niebezpieczeństwo* – ostrzeżenie wiążące się z koniecznością natychmiastowego przerwania pracy i ewentualnego ogłoszenia alarmu.

Każdej z wymienionych reakcji przypisano jeden symbol graficzny. Sposób, w jaki wyświetlane są te symbole, zależy również od gradacji poziomu zagrożenia, o którym one informują. Dla *uwaga* zaproponowano, aby symbol był wyświetlany w sposób ciągły, tylko w przedziale czasowym, dla którego poziom zagrożenia występuje. Symbol *niebezpieczeństwo* wyświetla się, migając (okres 1 s). Ponieważ wyświetlenie symbolu powinno wywołać reakcje spawacza polegającą na przerwaniu pracy, zaprzestanie jego wyświetlania powinno wiązać się z koniecznością ręcznego resetu. Symbol *bardzo duże niebezpieczeństwo* różni się wzorem od dwóch pozostałych

i jest wyświetlany w sposób ciągły, a jego wyłączenie wymaga również dokonania ręcznego resetu. Zaproponowane wzory opisanych powyżej symboli przedstawiono w tabeli 1.

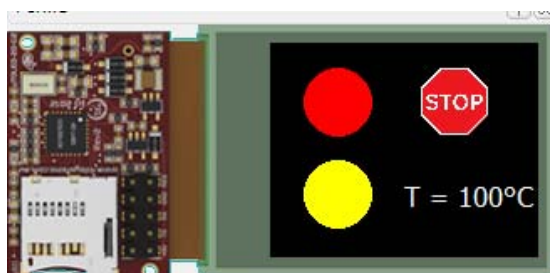
TABELA 1

Symboly używane we wzorze uproszczonego interfejsu graficznego

Lp.	Symbol	Znaczenie	Opis wyświetlania
1		<i>Bardzo duże niebezpieczeństwo</i>	Wyświetlanie stałe w określonych ramach czasowych w stosunku do działania aplikacji obsługującej moduł AR. Zakończenie wyświetlania wymaga dokonania ręcznego resetu.
2		<i>Uważaj</i>	Wyświetlanie stałe w określonych ramach czasowych w stosunku do działania algorytmu sterującego pojawieniem się symbolu w obrazie interfejsu.
3		<i>Niebezpieczeństwo</i>	Wyświetlanie w określonym momencie w stosunku do działania aplikacji obsługującej moduł AR. Miganie, okres – 1 s. Zakończenie wyświetlania wymaga dokonania ręcznego resetu.

Wyświetlenie konkretnego symbolu wiąże się z wygenerowaniem informacji o przekroczeniu dopuszczalnego progu zagrożenia. Jak te są wartości i jakie progi należy brać pod uwagę przy opracowaniu algorytmu działania modułu rejestrującego zagrożenia czynnikami zewnętrznymi, jest osobnym zagadnieniem. Jednym z najważniejszych wniosków wynikających z prac konstrukcyjnych nad interfejsem graficznym do zastosowania w modelu systemu rzeczywistości wzbogaconej oraz badaniami prowadzonymi wśród spawaczy jest to, że informacje graficzne prezentowane w module AR zamontowanym w przyłbicy spawalniczej nie powinny odzwierciedlać konkretnych (bardzo szczegółowo określonych sytuacji/zagrożeń), lecz muszą być wskazówką do podjęcia przez użytkownika konkretnych działań.

Zastosowany wzór uproszczonego interfejsu graficznego zawiera tylko trzy ikony (symbole), których zadaniem nie jest wskazanie konkretnego zagrożenia, lecz wywołanie właściwej do danej sytuacji reakcji spawacza. Jedyną dodatkową informację, którą postanowiono umieścić w tym wzorze, jest informacja o temperaturze w miejscu spawania (jedno z życzeń użytkowników końcowych). Wzór uproszczonego interfejsu graficznego przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Wzór uproszczonego interfejsu graficznego

4. BADANIA Z UDZIAŁEM UCZESTNIKÓW – – METODYKA BADAŃ

Dla interfejsu graficznego zaprojektowanego do wyświetlacza pryzmatycznego przeprowadzono badania użytkowe z udziałem uczestników badań (dziewięciu zawodowych spawaczy pracujących przy spawaniu konstrukcji stalowych). Badania miały na celu:

- ocenę opracowanego wzoru interfejsu graficznego pod kątem czytelności i rozmieszczenia znaków, sposobu konfiguracji itp.);
- sprawdzenie reakcji spawaczy na pojawianie się informacji wizualizowanych w systemie rzeczywistości wzbogaconej.

Ocena wzoru interfejsu graficznego obejmowała trzy zasadnicze elementy: łatwość przeprowadzenia konfiguracji, czytelność znaków graficznych, sposób rozmieszczenia znaków graficznych. Uczestnicy badań dokonywali oceny po samodzielnym przeprowadzeniu konfiguracji i założeniu przyłbicy spawalniczej. Ocena była przeprowadzona w pięciopunktowej skali: 1 – bardzo zły, 2 – zły, 3 – dostateczny, 4 – dobry, 5 – bardzo dobry.

Sprawdzenie reakcji spawaczy na pojawienie się informacji wizualizowanych w systemie rzeczywistości wzbogaconej zostało przeprowadzone w badaniach symulacyjnych. Uczestnik badania wykonywał spawanie łukowe na stanowisku laboratoryjnym z wykorzystaniem modelu przyłbicy spawalniczej z zamontowanym wyświetlaczem rzeczywistości wzbogaconej (rys. 6).







Rys. 6. Uczestnik badań podczas badania reakcji na wyświetlanie w module AR dodatkowych informacji

Zadaniem uczestnika było rozpoznanie zagrożeń sygnalizowanych poprzez pojawienie się ikon na wyświetlaczu rzeczywistości wzbogaconej. Symbole ikon i reakcje, jakie powinny towarzyszyć pojawieniu się określonej ikony, przedstawiono w tabeli 2. Osoba prowadząca badanie rejestrowała, czy reakcja spawacza na pojawienie się zagrożenia wizualizowanego w systemie rzeczywistości wzbogaconej była prawidłowa. W badaniach z udziałem uczestników nie uwzględniano informacji o występowaniu defektów spawanego materiału. Przystąpienie uczestników do badań nie było poprzedzone specjalnym procesem adaptacyjnym. Spawacze uczestniczący w badaniach musieli jednak dokonać regulacji położenia wyświetlacza oraz ostrości wyświetlanego obrazu.

TABELA 2

Symbole ikon i reakcje spawaczy

Zagrożenie	Symbol graficzny (pojawiający się na wyświetlaczu AR)	Symbol	Prawidłowa reakcja spawacza
Polem magnetycznym		PM	Przerwanie pracy. Podniesienie przyłbicy spawalniczej i kontrola położenia przewodów
Wybuchem		W	Natychmiastowe przerwanie pracy i ogłoszenie alarmu. Nie można kontynuować pracy
Obiektami „niepożądanymi” w otoczeniu spawacza		ONC	Natychmiastowe przerwanie pracy. Podniesienie przyłbicy spawalniczej i kontrola wzrokowa otoczenia
		ONS	Natychmiastowe przerwanie pracy. Podniesienie przyłbicy spawalniczej i kontrola wzrokowa otoczenia

Dla każdego uczestnika został wprowadzony program symulacyjny, zgodnie z chronometrażem przedstawionym w tabeli 3 oraz przykładem zilustrowanym na rysunku 7. Przedziały czasu, w których ikony sygnalizują symulowane zagrożenie (czas pulsowania ikon), ustalono na:

- dla zagrożenia polem magnetycznym – 2 s;
- dla zagrożenia obiektami „niepożądanymi” w otoczeniu spawacza – 2 s;
- dla zagrożenia wybuchem – 100 s.

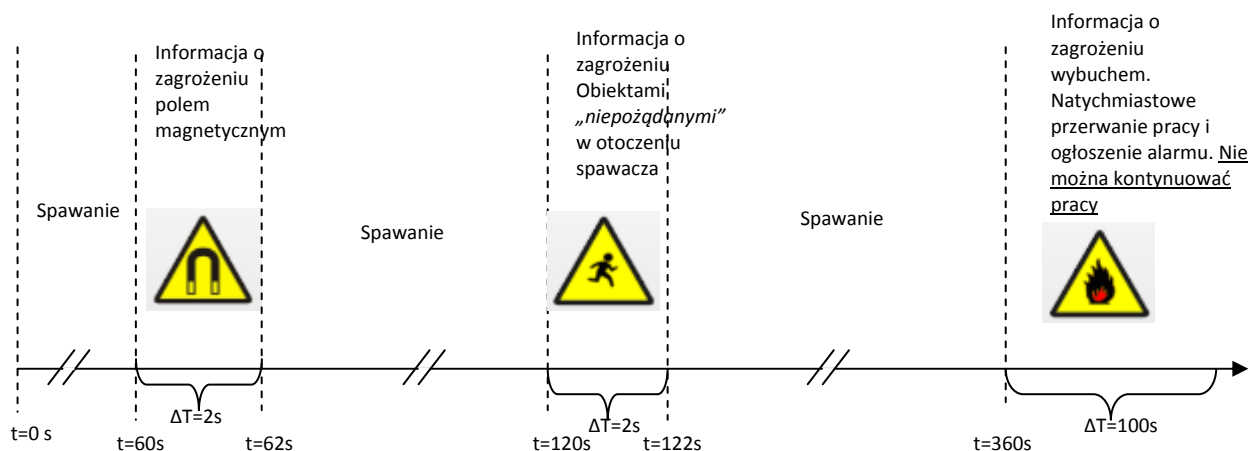
Krótki czas pulsowania ikon sygnalizujących zagrożenia polem magnetycznym lub obiektami pojawiającymi się w otoczeniu spawacza wynika z samej natury tych zagrożeń. Czujnik pola magnetycznego umieszczony na uchwycie spawalniczym może zarejestrować krótkotrwałe narażenie, np. w przypadku chwilowego przesunięcia dłoni w kierunku przewodów, w których płynie prąd o wysokim natężeniu. Podobnie może być z zagrożeniem wynikającym z pojawienia się osób lub innych obiektów w otoczeniu spawania. Ten rodzaj zagrożenia może mieć również krótkotrwały charakter (np. przejście osoby za plecami spawacza). Badania przeprowadzone zgodnie z przedstawioną metodyką miały również wykazać, czy relatywnie krótki czas prezentacji graficznej wyświetlanej na wyświetlaczu AR jest wystarczający. Jeśli w obszarze spa-

wania pojawi się zagrożenie wybuchem, to zagrożenia takiego nie należy traktować jako *krótkotrwałego*. Z tego względu czas pulsowania ikony informującej o tym zagrożeniu ustalono na ciągle. W warunkach wstępnych badań symulacyjnych jest to czas 100 s.

TABELA 3

Chronometraż badań z udziałem uczestników

Czas pojawienia się ikony od rozpoczęcia spawania	Czas aktywacji ikony	Rodzaj ikony
Uczestnik badań nr 1		
Po 60 s	2 s	PM
Po 100 s	2 s	ONC
Po 150 s	100 s	W
Uczestnik badań nr 2		
Po 40 s	2 s	PM
Po 100 s	2 s	ONC
Po 140 s	100 s	W
Uczestnik badań nr 3		
Po 20 s	2 s	PM
Po 60 s	2 s	ONC
Po 120 s	100 s	W
Uczestnik badań nr 4		
Po 20 s	2s	PM
Po 800 s	2 s	ONC
Po 140 s	100 s	W
Uczestnik badań nr 5		
Po 60 s	2 s	PM
Po 80 s	2 s	ONC
Po 110 s	100 s	W
Uczestnik badań nr 6		
Po 40 s	2 s	PM
Po 100 s	2 s	ONC
Po 150 s	100 s	W
Uczestnik badań nr 7		
Po 20 s	2 s	PM
Po 40 s	2 s	ONC
Po 60 s	100 s	W
Uczestnik badań nr 8		
Po 60 s	5 s	PM
Po 110 s	2 s	ONC
Po 150 s	100 s	W
Uczestnik badań nr 9		
Po 20 s	2 s	PM
Po 100 s	2 s	ONC
Po 140 s	100 s	W



Rys. 7. Chronometraż badań z udziałem uczestników (przykład)

W badaniach użytkowych uproszczonego interfejsu użytkownik nie przeprowadza konfiguracji, dzięki której sam określa zbiór informacji, jakie będą do niego docierały w formie wyświetlanych symboli. Najważniejszą rolą symboli wyświetlanych w interfejsie jest bowiem poinformowanie spawacza o konieczności podjęcia określonego działania. W badaniach tych skoncentrowano się więc na sprawdzeniu reakcji spawacza na pojawienie się wyświetlanego symbolu.

Zgodnie z przyjętym projektem nowego interfejsu graficznego, czas wyświetlania symbolu przedstawiającego *bardzo duże niebezpieczeństwo* jest nieokreślony (po wyświetlaniu tego symbolu wymagane jest dokonanie ręcznego resetu); w opracowanym harmonogramie czas ten jest określony jako „∞”. Przygotowano 10 cykli, w których przedziały czasu, w których symbole sygnalizują symulowane zagrożenie, ustalono na:

- dla *uwaga* – 4 s,
- dla *niebezpieczeństwo* – 4 s,
- dla *bardzo duże niebezpieczeństwo* – ∞.

Chronometraż badań przeprowadzonych w celu oceny uproszczonego wzoru interfejsu był identyczny w stosunku do chronometrażu badań dla interfejsu dla wyświetlacza pryzmatycznego. Zastosowanie podobnej metody badania daje również możliwość porównania wyników. Jediną różnicą było wydłużenie czasu wyświetlania ikon z 2 do 4 s. Wydłużenie tego czasu było podyktowane wnioskami z obserwacji po wcześniej przeprowadzonych badaniach użytkowych dla interfejsu pryzmatycznego.

5. BADANIA Z UDZIAŁEM UCZESTNIKÓW – WYNIKI

W tabelach 4 i 5 zestawiono wyniki badań dla obu typów wyświetlaczy. Zestawienie to miało na celu porównanie reakcji na symbole wyświetlane w obu wzorach interfejsów graficznych.

TABELA 4

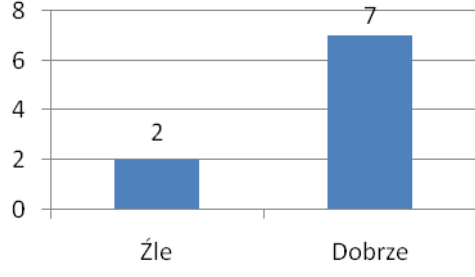
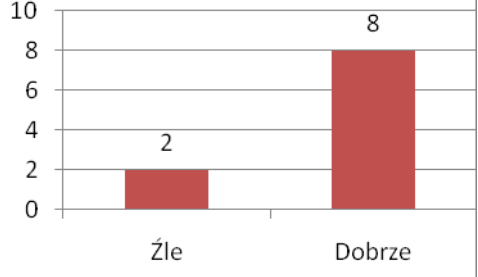
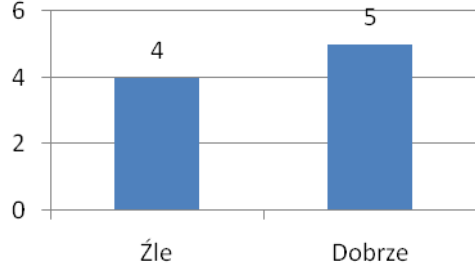
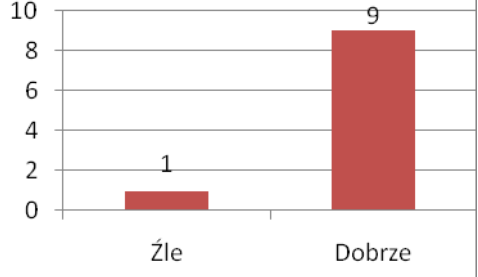
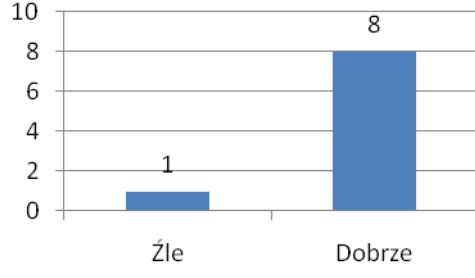
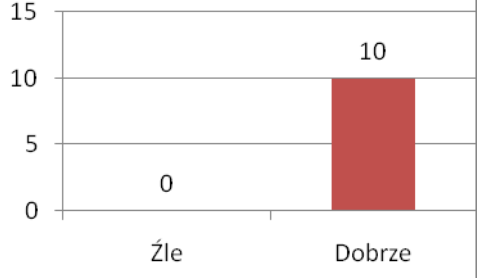
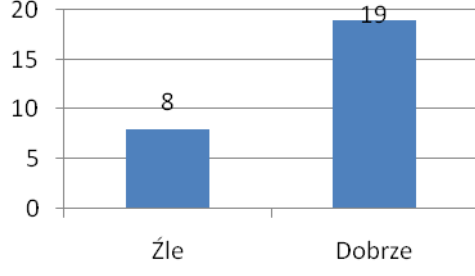
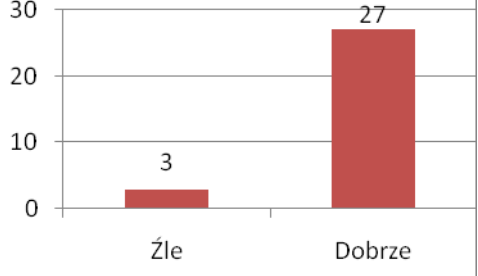
Wyniki badań z udziałem uczestników

Interfejs dla wyświetlacza półprzezroczystego	Reakcja uczestnika badań na pojawienie się określonego symbolu (1, 2 lub 3)		
	Uczestnik badania / / cykl	1	2
1/1	+*	+	+
2/2	–	+	+
3/3	+	+	+
4/4	+	+	+
5/5	+	+	+
6/6	+	+	+
7/7	–	–	+
8/8	+	+	+
9/9	+	+	+
10/10	+	+	+
Podsumowanie	8 – dobrze / / 2 – źle	9 – dobrze / / 1 – źle	10 – dobrze / / 0 – źle
	Dla wszystkich: 27 – dobrze / 3 – źle		
Interfejs dla wyświetlacza pryzmatycznego	Reakcja uczestnika badań na pojawienie się określonej ikony (PM, ONC lub W)**		
	Uczestnik badania / / cykl	PM	ONC
1	+	–	+
2	–	–	–
3	+	–	+
4	+	+	+
5	+	+	+
6	+	+	–
7	+	+	+
8	+	+	+
9	–	–	+
Podsumowanie	7 – dobrze / / 2 – źle	5 – dobrze / / 4 – źle	7 – dobrze / / 2 – źle
	Dla wszystkich: 19 – dobrze / 8 – źle		

* Znak „+” oznacza prawidłową reakcję (dobrze); „–” oznacza brak reakcji (źle);

** Symbole ikon PM, ONC i W odpowiadają odpowiednim zagrożeniom: polem magnetycznym, zagrożeniom od tzw. obiektów niepożądanych i zagrożeniu wybuchem

TABELA 5
Wyniki badań z udziałem uczestników

Ikona	Reakcje uczestników badań	Symbol	Reakcje uczestników badań												
PM	 <table border="1"> <tr><th>Kategoria</th><th>Liczba</th></tr> <tr><td>Żle</td><td>2</td></tr> <tr><td>Dobrze</td><td>7</td></tr> </table>	Kategoria	Liczba	Żle	2	Dobrze	7	1	 <table border="1"> <tr><th>Kategoria</th><th>Liczba</th></tr> <tr><td>Żle</td><td>2</td></tr> <tr><td>Dobrze</td><td>8</td></tr> </table>	Kategoria	Liczba	Żle	2	Dobrze	8
Kategoria	Liczba														
Żle	2														
Dobrze	7														
Kategoria	Liczba														
Żle	2														
Dobrze	8														
ONC	 <table border="1"> <tr><th>Kategoria</th><th>Liczba</th></tr> <tr><td>Żle</td><td>4</td></tr> <tr><td>Dobrze</td><td>5</td></tr> </table>	Kategoria	Liczba	Żle	4	Dobrze	5	2	 <table border="1"> <tr><th>Kategoria</th><th>Liczba</th></tr> <tr><td>Żle</td><td>1</td></tr> <tr><td>Dobrze</td><td>9</td></tr> </table>	Kategoria	Liczba	Żle	1	Dobrze	9
Kategoria	Liczba														
Żle	4														
Dobrze	5														
Kategoria	Liczba														
Żle	1														
Dobrze	9														
W	 <table border="1"> <tr><th>Kategoria</th><th>Liczba</th></tr> <tr><td>Żle</td><td>1</td></tr> <tr><td>Dobrze</td><td>8</td></tr> </table>	Kategoria	Liczba	Żle	1	Dobrze	8	3	 <table border="1"> <tr><th>Kategoria</th><th>Liczba</th></tr> <tr><td>Żle</td><td>0</td></tr> <tr><td>Dobrze</td><td>10</td></tr> </table>	Kategoria	Liczba	Żle	0	Dobrze	10
Kategoria	Liczba														
Żle	1														
Dobrze	8														
Kategoria	Liczba														
Żle	0														
Dobrze	10														
Wszystkie	 <table border="1"> <tr><th>Kategoria</th><th>Liczba</th></tr> <tr><td>Żle</td><td>8</td></tr> <tr><td>Dobrze</td><td>19</td></tr> </table>	Kategoria	Liczba	Żle	8	Dobrze	19	Wszystkie	 <table border="1"> <tr><th>Kategoria</th><th>Liczba</th></tr> <tr><td>Żle</td><td>3</td></tr> <tr><td>Dobrze</td><td>27</td></tr> </table>	Kategoria	Liczba	Żle	3	Dobrze	27
Kategoria	Liczba														
Żle	8														
Dobrze	19														
Kategoria	Liczba														
Żle	3														
Dobrze	27														

6. WNIOSKI

Przeprowadzone badania użytkowe dla wzoru interfejsu graficznego do wyświetlacza pryzmatycznego w układach rzeczywistości wzbogaconej przeznaczonych do

przewodzenia prac spawalniczych wskazują na dwa najważniejsze obszary, które należy uwzględnić podczas projektowania tego typu interfejsów:

- konieczność indywidualnego rozplanowania położenia znaków graficznych / ikon;
- najważniejszą informacją wizualizującą zagrożenia powinna być informacja o zagrożeniu wybuchem. Pozostałe informacje mogą pojawiać się jedynie chwilowo przez czas ustalony przez użytkownika w procesie konfiguracji interfejsu.

Sposoby prezentacji graficznej w układach rzeczywistości wzbogaconej zintegrowanych przyłbicami spawalniczymi będą rozwijać się w zależności od zastosowanych wyświetlaczy. Wyniki badań zaprezentowane w niniejszej pracy dotyczyły aktualnie dostępnych wyświetlaczy pryzmatycznych i półprzezroczystych. Aktualnie pojawiają się – jedynie w fazie prototypów – przezroczyste wyświetlacze AR, umożliwiające projekcje obrazów bezpośrednio przed oczami użytkownika. Zestawienie wyników badań z udziałem uczestników przedstawione w tabelach 4 i 5 wskazują, że zmiana podejścia w sposobie prezentacji informacji wyświetlanej w module AR – interfejs zaprojektowany do wyświetlacza półprzezroczystego – jest właściwa. Spawacze wykonujący swą pracę są skoncentrowani głównie na przebiegu procesu spawania. Informacje dodatkowe powinny więc ograniczać się do niezbędnego minimum, a ich interpretacja powinna być związana z podjęciem określonych działań.

Podziękowania

Publikacja przygotowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, dofinansowywanego w latach 2011-2013 w zakresie projektu badawczo-rozwojowego przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

LITERATURA

1. Caudell T.P., Mizell D.W., Res.&Technol., Boeing Comput. Services, Seattle, WA, Augmented reality: an application of heads-up display.
2. Kalkusch M., Lidy T., Knapp M., Reitmayr G., Kaufmann H., Schmalstieg D.: Structured Visual Markers for Indoor Pathfinding Proceedings of the First IEEE International Workshop on ARToolKit (ART02), 2002.
3. Belczyk S., Szylar M.: Rozszerzona rzeczywistość, Materiały AGH, 2009.
4. Fundamentals of wearable computer and augmented reality. Edited by Woodrow Barfield and Thomas Caudell, Lawrence Erlbaum Associates, 2001.
5. Sutherland I.E.: AFIPS'68 (Fall, part I), Proceedings of the December 9-11, A head-mounted three dimensional display.
6. Raport z realizacji zadania badawczego 1.A.06: Badanie percepcji wizualnych sygnałów ostrzegawczych generowanych metodą rzeczywistości wzbogaconej celem ich optymalizacji, CIOP-PIB, Warszawa, 2004.

7. Dźwiarek M., Holejko K., Nowak R., Czrnecki T.: Koncepcja urządzenia ostrzegawczego z wykorzystaniem systemu rzeczywistości wzbogaconej, *Pomiary Automatyka Robotyka* 3/2005, s. 6-9.
8. Reinhart G.: A camera-based support system with augmented reality functions for manual tasks in radioactive production environments, *Production Engineering* Volume: 2, Issue: 2, June 2008, pp. 139-147.
9. Paelke V., Sester M.: Augmented paper maps: Exploring the design space of a mixed reality system, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume: 65, Issue: 3, May 2010, pp. 256-265.
10. Owczarek G.: Badania defektów elementów spawanych z wykorzystaniem algorytmów cyfrowego przetwarzania obrazów, *Przegląd Spawalnictwa*, 5/2013, s. 8-11.
11. Owczarek G.: Raport z realizacji zadania badawczego V.B.09, Warszawa, 2012.
12. Owczarek G.: Nowe technologie w spawalniczych środkach ochrony oczu i twarzy, *Promotor*, 10/2012, s. 24-28.

Rękopis dostarczono dnia 22.11.2013 r.

GRAPHIC INTERFACES USED IN AUGMENTED REALITY SYSTEMS FOR WELDING WORKS

Grzegorz OWCZAREK
Grzegorz GRALEWICZ

ABSTRACT *Augmented reality systems due to its possibility of putting to the field of vision an additional and computer generated information are also useful at work processes, especially in technically advanced eye protectors/eye protection equipment. The basic issue during designing this types of systems is a project of graphic interface. In this work an example of designing this kind of interfaces for AR systems integrated with welding visor is presented. The method and form of displaying information cannot disturb an observation of welding area through automatic welding filter. For designed graphic interfaces, there were done research in order to evaluate the method of presenting graphics (readability and placing marks, the method of configuration etc.) and checking the users' reactions on appearing an additional visual information in Augmented Reality Systems. The evaluation of method of presenting graphics was carried out in a survey. Checking the reaction was made by simulation – entering random information displayed in AR system during welding works. The research results allows to verify project of graphic interfaces designed for AR system integrated with welding helmet.*

Keywords: *welding shield, augmented reality, graphical interfaces*

Dr inż. Grzegorz OWZAREK – absolwent Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej. Obecnie pracownik CIOP-PIB – Kierownik Pracowni Ochron Oczu i Twarzy.



Dr inż. Grzegorz GRALEWICZ – absolwent Wydziału Elektrotechniki i Elektroniki Politechniki Łódzkiej, od 2003 r. pracuje w CIOP-PIB. W 2009 r. uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska.

