

Czy interfejsy HMI mogą być bardziej kooperacyjne?

Tomasz Zyzak, Piotr Gaj

Wstęp

Rosnące koszty produkcji, w tym surowców, mediów, serwisu, wysoka presja kosztowa finalnego produktu jak również braki kadrowe oraz znacząca konkurencja stawiają przed zakładami produkcyjnymi nowe wyzwania. Obecnie, poza typowymi ścieżkami zapewniania konkurencyjności związanymi z ceną czy innowacyjnością produktu, przedsiębiorstwa muszą także konkurować innowacyjnością procesów produkcyjnych i zastosowanych w nich technologii, szczególnie cyfrowych. Wykorzystanie nowinek technicznych daje szansę na podniesienie jakości i wydajności zarówno samej produkcji jak i związanej z nią pracy. Z racji zmian, które mogą pojawić się w jej organizacji może to wpłynąć na zredukowanie kosztów wytwarzania, podniesienia bezpieczeństwa i komfortu pracy, a nawet obniżenia cen produktów finalnych. Nowoczesne rozwiązania związane z cyfryzacją dają również korzyści wizerunkową.

Złożoność i szybkozmienność procesów produkcyjnych unieumożliwia szybką i skuteczną analizę ich przebiegu zmysłami człowieka. Zatem, wymusza używanie interfejsów pozwalających na przedstawienie bieżącej charakterystyki procesu w sposób jednoznaczny i zrozumiały. W taki sposób, aby użytkownik szybko potrafił to łatwo odczytać lub podjąć właściwą decyzję. Są to tzw. układy HMI (ang. Human Machine Interface), czyli interfejsy pomiędzy użytkownikiem a maszynami, systemami kontrolnymi lub urządzeniami. Mają na celu zwiększenie efektywności współpracy między ludźmi a maszynami. Mogą one być projektowane w sposób umożliwiający współpracę bardziej kooperacyjną, a nawet kognitywną. Rozwój podsystemów wspomagających kooperacyjność człowieka i fizycznych układów produkcyjnych stanowi jedno z głównych wyzwań tzw. Przemysłu 4.0. Wspomniane interfejsy stanowią jedne z podstawowych komponentów komputerowych systemów sterujących odpowiedzialnych za taką kooperację. Są one aplikowane zwykle jako stacje lokalne stanowiące usieciowione węzły systemów rozproszonych. Idea realizacji polega na wykorzystaniu ekranów prezentujących informacje w postaci graficznej i umożliwiających bezpośrednie oddziaływanie operatora przez dotyk, przyciski, klawisze, urządzenia wskazujące, itp. Aktualnie, od strony technologii cyfrowych, nie są to jedyne możliwości, które można by wykorzystać do budowy takich interfejsów.

Klasyczny HMI nie wchodzi aktywnie w interakcję z człowiekiem, a jedynie wyświetla treści determinowane przez jego stan wewnętrzny oraz czeka na intencjonalne wprowadzenie danych od strony użytkownika. Rozszerzenie klasycznych funkcji HMI o funkcje kognitywne, rozbudowujące kooperacyjność o obustronne oddziaływanie typu człowiek obserwuje maszynę

STRESZCZENIE

W procesie cyfryzacji przedsiębiorstw produkcyjnych istotne miejsce należy do budowania nowoczesnych interfejsów typu człowiek – maszyna. Rozwój w tej dziedzinie może polegać na rozwijaniu istniejących metod klasycznych przez zwiększanie jakości i złożoności technologicznej urządzeń oraz oprogramowania lub na rozszerzaniu zakresu stosowanych metod interakcji z człowiekiem. Interfejsy kooperacyjne i kognitywne wspierające decyzyjność i niwelujące bariery pomiędzy funkcjonowaniem umysłu człowieka a działaniem maszyny wymagają zastosowania innowacyjnych metod oddziaływania. W artykule opisano możliwości wykorzystania istniejących technologii analizy skupienia oraz sterowania gestem w interfejsach operatorskich, celem zwiększenia efektywności i jakości takiego oddziaływania.

ABSTRACT

In the digitization process of manufacturing companies, building modern human-machine interfaces plays an important role. Development in this field may consist in extending of the existing classical methods by increasing the quality and technological complexity of hardware and software, or in expanding the scope of applied methods of interaction with humans. Cooperative and cognitive interfaces supporting decision-making and eliminating barriers between functioning of human brain and machine operations require the use of innovative methods of interaction. The article describes the possibilities of using existing technologies of concentration analysis and gesture control in human-machine interfaces in order to increase the effectiveness and quality of such interaction.

a maszyna obserwuje człowieka, dałoby nową jakość na styku człowiek-maszyna. Istnieją pewne cechy, które mogą sprawić, że interfejs HMI będzie bardziej kooperacyjny. Należą do nich:

- Intuicyjność – przystępność i prostota obsługi, nawet dla osób bez specjalistycznej wiedzy technicznej, w szczególności z dziedziny OT (ang. Operation Technology) i IT (ang. Information Technology). Interfejs powinien zapewniać intuicyjną nawigację po swej strukturze, umożliwiając skuteczne odnajdywanie żądanych treści, jak również ich najmniej kłopotliwe wprowadzanie.
- Personalizacja – dostosowanie prezentowanych treści do kontekstu pracy oraz indywidualnych preferencji.
- Reaktywność – uzyskiwanie natychmiastowego

oddziaływania zwrotnego od systemu do użytkownika wynikającego z danej sytuacji, a nie z celowego działania.

- Sensoryczność – wykorzystanie rozpoznawania obrazu, mowy, gestów oraz analiza zachowań użytkowników np. skupienia, położenia, postawy itp.
- Ergonomia – zapewnienie ergonomicznego wyglądu interfejsu dostosowanego do zmysłów człowieka.
- Proaktywność – dostarczanie informacji i sugestii użytkownikom, dostosowując stan interfejsu i prezentowanych treści do bieżącego stanu systemu i kontekstu użycia.
- Responsywność – dostarczanie informacji w sposób zgodny w swej koncepcji i formie na różnych urządzeniach.

Projektowanie kooperacyjnych HMI wymaga uwzględnienia specyficznych potrzeb i kontekstu użytkowników oraz stałego monitorowania i dostosowywania interfejsu w miarę zdobywania wiedzy i umiejętności użytkownika. Można więc rozważać adaptacyjność jako cechę związaną z personalizacją i stanem wiedzy użytkownika np. używanie tylko skróconych nazw prezentowanych treści, pozwoli na tym samym ekranie zaprezentować więcej informacji.

Poniżej dokonano analizy przydatności kilku nowatorskich technik potencjalnie związanych z możliwością utworzenia innowacyjnych węzłów HMI. Techniki te umożliwiają zapewnienie wielu z powyższych cech kooperacji. Rozważono wykorzystanie metody rozpoznawania uwagi operatora na podstawie analizy ruchu oka oraz metody rozpoznawania gestów. Przedstawiono potencjalne obszary zastosowań tych metod w przestrzeni kognitywnych interfejsów użytkownika dla systemów produkcyjnych. Nie są to gotowe do użycia rozwiązania, ale wykazanie, że aktualne zaawansowanie technologiczne jest wystarczające do ich realizacji i otwiera drogę dla innowacyjnych produktów.

Detekcja uwagi operatora

Funkcje rozpoznające uwagę użytkownika (np. operatora) powodują, że urządzenia inaczej reagują, gdy się na nie patrzy, a inaczej gdy nie są obserwowane. Do tego celu często wykorzystywane są technologie związane z okulografią [1]. Rozwiązania z tej dziedziny pozwalają na śledzenie (urządzenia określane jako eye-trackery np. Eye tracker Skyle dla Windows), rejestrację ruchu gałek ocznych (ang. eye-tracking, ET) oraz analizę oka (ruchy fiksacyjne oraz sakkadowe czyli skokowe) w czasie skupienia wzroku na obserwowanym bodźcu (fiksacja wzroku lub fiksacja na celu, ang. target fixation). Komercyjnie najpopularniejszą metodą jest reflektometria rogówkowa i soczewkowo-rogówkowa (ang. corneal reflectometry, CR) lub śledzenie optyczne za pomocą kamer tzw. wideookulografia (ang. video-oculography, VOG). Oba rozwiązania są bezkontaktową metodą analizy ruchu gałek ocznych. Bardziej wyrafinowane metody pozwalają również na identyfikacje osób. Przykładem wykorzystującym taką technologię może być rozwiązanie Face ID [2]. Zasadniczo rozwiązanie to analizuje rysy twarzy (nie zaś tęczówkę oka), dlatego rozpoznanie twarzy nawet przy zamkniętych oczach jest możliwe. Funkcja Face ID dokonuje porównania informacji o głębi, których nie można

znaleźć w odbitkach fotografii ani dwuwymiarowych zdjęciach cyfrowych.

W metodzie CR urządzenie wypromieniowuje wiązkę światła nieskolimowanego (światło którego promienie są nierównoległe) w zakresie niewidzialnym dla oka np. w bliskiej podczerwieni (ang. NIR – Near Infrared), 750 nm do 1000 μm . Wiązka pada na płaszczyznę oka, a następnie po odbiciu wraca do urządzenia, które dalej przetwarza zebrane dane wykorzystując do tego specjalne algorytmy. Jako punkt odniesienia podczas pomiarów wykorzystuje się środek źrenicy. Tworząc wektor pomiędzy rogówką a środkiem źrenicy można określić punkt, który użytkownik obserwuje na ekranie urządzenia lub oszacować kierunek spojrzenia.

W rozwiązaniach opartych na VOG za pomocą kamer, a następnie algorytmów rejestrowane są obrazy oka, na których widoczne są ruchy translacyjne oka (czyli poruszające się w identyczny sposób), związane z ruchem głowy oraz rotacyjne związane z obrotem gałki ocznej. Zebranie takich pomiarów pozwala na zarejestrowanie charakterystycznych zmian takich jak pozorne zmiany kształtu źrenicy czy położenia środka źrenicy w czasie ruchu gałki ocznej lub głowy. Zebrane dane pozwalają na obliczenie tzw. punktu skupienia uwagi (ang. Point of regard, POR) w czasie rzeczywistym względem płaszczyzny prostopadłej do kierunku obserwacji. Prawidłowe wyznaczenie POR wymaga zwykle wykonania kalibracji polegającej na wyświetleniu punktów kalibracyjnych, na których użytkownik skupia uwagę. Najbardziej popularne metody wykorzystują 9 punktów kalibracyjnych. Punkty najczęściej ułożone są na planie krzyża lub macierzy 3 na 3 [3].

W celu rozróżnienia ruchów oczu i ruchów głowy wystarczająca jest analiza położenia środka źrenicy i refleksu rogówkowego. Jest to możliwe dzięki analizie względnych ruchów oka. Względna odległość środka źrenicy i pierwszego obrazu Purkiniego zmienia się podczas ruchów oka, natomiast niemal nie zmienia się przy niewielkich ruchach głowy.

Znane są dwie techniki używane do ET w zakresie promieniowania w bliskiej podczerwieni (określanym czasem również jako światło aktywne). Dokonuje się analizy tzw. jasnej i ciemnej źrenicy. Różnica polega na położeniu źródła światła względem źródła promieniowania. Jeśli oświetlenie jest współosiowe ze ścieżką optyczną, oko działa jak reflektor, ponieważ światło odbija się od siatkówki, tworząc jasny efekt źrenicy podobny do efektu czerwonego oka znanego ze zdjęć. Jeśli źródło promieniowania światła jest przesunięte w stosunku do ścieżki optycznej, źrenica wydaje się ciemna, ponieważ odbicie od siatkówki nie jest skierowane wprost na kamerę. Śledzenie jasnych źrenic zapewnia większy kontrast tęczówki/źrenicy, umożliwiając bardziej niezawodne śledzenie. Zaletą tej techniki jest możliwość redukcji zakłóceń, które mogą powstawać przez naturalne otoczenie oka takie jak brwi, rzęsy i inne zasłaniające elementy. Technika ta ma również dodatkową zaletę, która polega na wyeliminowaniu wpływu światła zewnętrznego na pomiar, gdyż śledzenie może być wykonywane w warunkach od całkowitej ciemności do bardzo jasnego światła.

W praktyce takie funkcje są bardzo popularne w najnowszych modelach smartfonów, które już potrafią korzystać z technik

VOG. Urządzenie może np. odblokować ekran, gdy na nie spojrzymy, nigdy nie wygaszać ekranu, gdy coś czytamy lub musimy się zastanowić, który rodzaj płatności wybrać podczas zakupów internetowych.

Sledzenie ruchu oka może zostać zastosowane w panelach operatorskich [4], udostępniając operatorowi bardziej interaktywny i kontekstowy UI niż typowy statyczny interfejs HMI. Urządzenie może zachować swoją standardową interoperacyjność, a dodatkowo wprowadzić nową jakość do współpracy na styku człowiek – maszyna. Operator opuszczając stanowisko pracy, idąc na przerwę, kończąc zmianę lub nie korzystając z danego panelu, nie musi celowo wyłączać ekranu, ani go celowo wzbudzać. Może się to wykonać automatycznie, po określonym czasie od wykrycia braku spojrzenia operatora lub po jego wykryciu. Wygaszanie nieużywanych ekranów poprawia ogólną czytelność interfejsów, a krótszy czas świecenia ekranów może wydłużyć ich trwałość. Istotnym zyskiem może być również oszczędność energii. W przypadku jednego urządzenia będzie to w skali przedsiębiorstwa nieznaczące, ale w przypadku kilkudziesięciu lub kilkuset oszczędności mogą być już zauważalne. Pozytywny efekt może być jeszcze bardziej znaczący, jeśli zostanie zastosowany w urządzeniach, które są sprawdzane raz na zmianę lub raz na dzień. Takich urządzeń przez większość czasu nikt nie obserwuje.

Z pozoru wyposażenie ich w taką funkcjonalność można uzyskać taniej i prościej np. czujnikiem oświetlenia, czujnikiem ruchu lub obecności. Jednak idąc dalej ET może posłużyć do zapewnienia kontroli dostępu do stanowiska i kontekstowej prezentacji danych względem danego operatora. Operator, podchodząc do stanowiska, patrzy w kierunku ekranu powodując jego wybudzenie bez konieczności wykonywania żadnych dodatkowych ruchów. Jeśli wymagane byłoby hasło do logowania, użytkownik nie musi go wprowadzać, ponieważ logowanie następuje automatycznie po rozpoznaniu pracownika. Jeśli do stanowiska podchodzi pracownik utrzymania ruchu lub inna osoba o jeszcze większych uprawnieniach, urządzenie może zalogować się od razu na poziom dostępu zależny od pracownika i prezentować inną zawartość. Ponadto, interesującym wydaje się wykorzystanie klasycznej interakcji uwarunkowanej skupieniem uwagi. W takim przypadku, określone funkcje mogą być wykonane tylko jeśli operator ma skupiony wzrok na konkretnym obszarze roboczym. Zatem pokazywanie treści może być realizowane w funkcji skupienia użytkownika na konkretnej czynności.

Warto wspomnieć, że detekcja uwagi nie musi dotyczyć ekranów. Przykładem może być kontrola czujności (zmęczenia) operatora. Znane metody polegające na okresowym naciskaniu przycisków na pulpicie, jak ma to miejsce np. w przypadku pojazdów szynowych, są tylko częściowym rozwiązaniem problemu. Ponieważ naciskanie odbywa się najczęściej w losowych odcinkach czasowych z wybranego przedziału np. 10 s – 120 s. Po braku reakcji aktywuje się alarm. Jeśli operator nadal nie reaguje po ok. 4 s aktywuje się awaryjne hamowanie. Takie podejście generuje pewną zwłokę czasową, którą można zredukować. Takie rozwiązanie jest również męczące dla operatora zwłaszcza nocą w słabo doświetlonych miejscach lub w ciemności. Migające światło jest męczące, nieprzyjemne dla oczu oraz powoduje chwilowe ograniczenie percepcji. Podczas prowadzenia pojazdu szynowego, gdzie prędkości często przekraczają 100 km/h redukcja czasu reakcji o 2 s pozwala zobaczyć i zareagować na zagrożenie o 55 m wcześniej. Podajnik taśmowy poruszający się z prędkością 72 m/min zatrzymany o 2 s wcześniej może skrócić czas przejazdu o 2,4 m bez konieczności podchodzenia do przycisku zatrzymania. Kontrola wzroku może wykryć zmęczenie, zamknięcie oczu, zaśnięcie lub inne nieoczekiwane zdarzenie, w wyniku którego operator traci kontrolę nad maszyną. System na takie zdarzenia może zareagować w pierwszej chwili włączeniem alarmu, który ma na celu obudzić operatora. Jeśli operator nadal nie reaguje system wykonuje zatrzymanie awaryjne i wzywa pomoc. Dodanie takiego zabezpieczenia może być dodatkowym elementem zwiększającym bezpieczeństwo szczególnie w miejscach o dużym zagrożeniu, gdzie czas reakcji jest krytyczny dla zdrowia i życia.

Podstawową wadą rozwiązań polegających na rozpoznawaniu oczu jest to, że oczy muszą być widoczne dla urządzenia rejestrującego. Wszelkiego rodzaju zabezpieczenia BHP oczu takie jak: okulary ochronne, maski, przyłbice czy kombinezony mogą skutecznie uniemożliwić rozpoznanie położenia oczu. Kolejnym ograniczeniem jest środowisko pracy, które może w sposób znaczący ograniczać widoczność dla ET. Środowiska pracy, w których występują takie zaburzenia widoczności jak duże zadymienie, mgła, deszcz, spaliny, śnieg, grad, mróz itd., mogą eliminować możliwość korzystania z tej klasy urządzeń. Systemy te można jednak adaptować do konkretnych potrzeb w ramach prac badawczo- rozwojowych. Zamiast analizować ruch oka można przy pomocy podobnych technik (np. lidar) dokonywać analizy sylwetki, położenia głowy, kończyn, itp.

Listę urządzeń posiadających funkcje ET oraz projektów badawczo-rozwojowych z nią związanych można znaleźć pod adresem [5].

reklama

Interakcja gestem

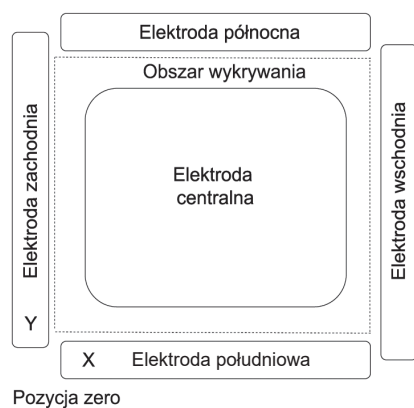
W otaczającej nas rzeczywistości niemal każdego dnia korzysta się i spotyka urządzenia, maszyny czy sprzęt powszechnego użytku, który wymaga bezpośredniego styku z dłonią. Jednocześnie częściej używa się urządzeń, gdzie nie ma takiej konieczności, ponieważ potrafią one rozpoznać gest dłoni lub nogi, aby wykonać określoną akcję. Urządzenia, które są wyposażone w taką funkcjonalność szybko zyskują powszechne uznanie. Można się do nich bardzo szybko przyzwyczaić i dzisiaj trudno sobie wyobrazić życie bez nich. Ludzie na co dzień chętnie korzystają z automatycznych drzwi aktywowanych na zbliżenie, z ruchomych schodów aktywowanych sensorami, itp. W najnowszych modelach samochodów bagażnik sam się otwiera, gdy wykona się gest nogą koło czujnika otwarcia. Powszechne stają się automatyczne dozowniki środków czystości, gdyż są bardziej higieniczne i wygodne. Często w obiektach użyteczności publicznej światło samo się zapala, toaleta sama się spłukuje, a po opuszczeniu pomieszczenia powietrze zostaje odświeżone przez automatyczne rozpylenie aerozolu. Zwykle wybieramy telefony z ekranem dotykowym, a nie z klawiszami. Sterowanie „bezpośrednio” tym, co widać na ekranie jest dla człowieka bardziej intuicyjne i naturalne niż sterowanie pośrednio przez klawisze, przełączniki czy nawet mysz. Wiele modeli komputerów przenośnych czy komputerów pokładowych w samochodach jest wyposażonych w ekrany dotykowe, które umożliwiają obsługę przez dotyk oraz różne gesty. Podobnie jest z touchpadami w laptopach, które standardowo obsługują gesty wykonywane dwoma palcami. Modele wyposażone w tzw. precyzyjne panele dotykowe (ang. precision touchpad) obsługują gesty wykonywane trzema i czterema palcami. Z jednej strony używanie 3 lub 4 palców, aby wykonać żądaną akcję wydaje się naturalną konsekwencją rozbudowy tego rodzaju interfejsu. Jednak z drugiej strony sama obsługa jest już mniej intuicyjna oraz może generować pewien dyskomfort. Dyskomfort odczuwa użytkownik, dla którego zmieszczenie już 3 palców może okazać się trudne z powodu różnic anatomicznych lub niemożliwe z racji problemów zdrowotnych lub braku któregoś palca. Dodawanie kolejnych funkcji wymaga jednak tworzenia kolejnych kombinacji ich użycia. Uzasadniony wydaje się wniosek, że dotykowe interfejsy sterujące dochodzą już do granic możliwości i wymagają coraz bardziej złożonych kombinacji dotyków czy gestów w celu uaktywnienia bardziej złożonych funkcji. Generuje to potrzebę szukania nowych możliwości komunikacji z urządzeniami [6].

Obiecującym rozwiązaniem może być interfejs polegający na rozpoznawaniu gestów (ang. gesture recognition, GR) przez urządzenia bez konieczności ich bezpośredniego dotykania. Istnieją różne metody rozpoznawania gestów, m.in. rozpoznawanie gestu za pomocą obrazu z kamery i rozpoznawanie za pomocą urządzeń rejestrujących zmianę parametrów elektrycznych najbliższego otoczenia. Wykonanie intuicyjnego gestu w bliskiej odległości od urządzenia jak np. przesunięcie ręką w prawo lub lewo może aktywować następny ekran, funkcję czy aplikację. Dodanie rozpoznawania kilku prostych gestów może „zwolnić” w urządzeniach zajęte kombinacje i przeznaczyć je do czegoś innego. Dzięki temu możliwe jest również rozbudowanie sterowania o wcześniej niemożliwe funkcje. Obecnie panele operatorskie posiadają coraz większe i bardziej

wyrafinowane technologicznie ekrany. Z pozoru wyposażenie ich w rozpoznawanie gestów wydaje się niepotrzebne. Jednak w różnych środowiskach pracy, gdzie operator nie chce lub nie może dotykać ekranu lub dotyk wymaga jego przemieszczenia, a jest potrzeba tylko coś odczytać lub wykonać prostą akcję typu włączyć/wyłączyć, oddziaływanie gestem może być użytecznym rozwiązaniem. Oto kilka przykładów. Mechanik, który ma ręce zabrudzone od smaru, oleju lub innych materiałów niechętnie dotyka ekranu, żeby go nie zabrudzić lub nie uszkodzić. Operator pracujący w rękawicach ochronnych musi je zdjąć, żeby móc użyć klawiatury albo ekranu dotykowego. Zimą pracując na zewnątrz w niesprzyjających warunkach pogodowych operator również musi zdejmować rękawiczki w celu użycia panelu operatorskiego, jeśli wykonanie żadnej przez niego czynności jest niemożliwe. W upalne dni jak również w środowiskach pracy o wysokiej temperaturze spocone dłonie utrudniają komfortową obsługę klasycznych ekranów dotykowych, również ze względów higienicznych. W ciasnych miejscach, leżąc pod maszyną lub będąc w szafie sterowniczej, pracownik musi mieć przed oczami schemat czy dokumentację urządzenia, a do ekranu brakuje mu „centymetrów”, żeby przewinąć na następną stronę, podświetlić ekran albo włączyć latarkę. Trzymając narzędzia w ręce musi po pierwsze je odłożyć, aby zwolnić rękę (ręce), żeby użyć dźwigni, klawiatury lub ekranu dotykowego. Możliwość wykonania niektórych z tych wspomnianych czynności prostym gestem nogi przez zbliżenie stopy w wyznaczony obszar lub przesuwając ją z prawej do lewej strony i z powrotem ułatwiłoby pracę.

Stworzenie takiego interfejsu lub doposażenie istniejących urządzeń w taką obsługę nie musi być skomplikowane. Na pewno wymaga poświęcenia czasu na prace badawczo-rozwojowe, w tym na dobre przemyślenie obsługi i współpracy z już istniejącymi urządzeniami, przygotowanie projektu i testowanie. Każde nowe rozwiązanie nie jest pozbawione wad i tzw. chorób wieku dziecięcego. Jednak, po dopracowaniu tego co na początku się nie sprawdziło, rozwiązanie nabiera akceptowalnej formy dla użytkownika, a jego działanie staje się użyteczne.

Istnieją na rynku nowatorskie podejścia do rozpoznawania gestów. Rozwiązanie GestIC [7] działa w trybie offline, nie wykorzystuje zasobów zewnętrznych (działa bez infrastruktury) takich jak np. techniki oparte na usługach w chmurze. W tym przypadku GR opiera się na badaniu zmian pola elektrycznego (ang. E-field), wywołanych obecnością ręki w tym polu. Całe przetwarzanie danych może odbywać się lokalnie w czasie rzeczywistym w urządzeniu nie obciążając głównego procesora. Wymagane jest jedynie obsłużenie informacji dotyczącej tego, jaki gest został wykryty. Stosowanie metody GR całego ruchu ręki, a nie pozycji palców jak w przypadku rozwiązań bazujących na rozpoznawaniu obrazu [8], pozwala wyeliminować problemy związane z wspomnianymi już różnicami anatomicznymi. Mogą powodować problemy w określeniu, ile palców zostało pokazanych przed kamerą, ponieważ odległość między nimi jest niewielka lub nie istnieje. W przypadku osób z ograniczoną sprawnością rąk lub niepełnosprawnością (np. brak jednego lub większej liczby palców) taka kontrola jest nadal możliwa, jeżeli pomimo swoich ograniczeń potrafią wykonać ruch ręką. Wykorzystanie technologii wykrywania zmian pola elektrycznego jest odporne na wpływ zewnętrznych czynników środowiskowych

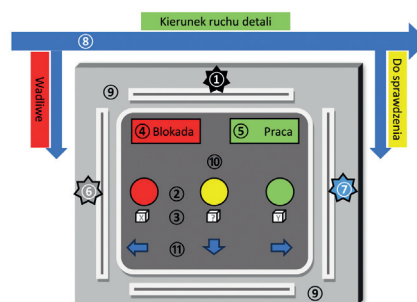


Rys. 1. Układ elektrod do wykrywania zmian pola elektrycznego

takich jak np. światło i dźwięk. Koncepcja samodzielnego interfejsu do obsługi gestów lub w postaci nakładki na istniejące urządzenia HMI jak np. do ekranów, paneli operatorskich czy pulpitu sterujących została pokazana na Rys. 1. Układ powinien składać się z 5 elektrod. Proporcje 4 zewnętrznych elektrod powinny zostać zachowane. Działanie polega na tym, że jeśli w polu elektrycznym mierzonym przez układ nic się nie znajduje, wartości mierzone przez elektrody są stałe. Jeżeli w obszarze pola znajdzie się jakiś obiekt, zostanie to zmierzone przez zmianę potencjałów mierzonych przez elektrody. Takie zachowanie daje również możliwość rozpoznania kierunku ruchu, co rozszerza możliwości takiego rozwiązania. Elektrody sterowane są z częstotliwością 100 kHz za pomocą sygnału niskonapięciowego. W obszarze oznaczonym jako „Obszar wykrywania” mogą się znaleźć inne elementy sterujące, które odpowiadałyby za podstawowe sterowanie urządzeniem. W urządzeniu może być wyznaczone także inne miejsce lub miejsca oznaczone jako właściwe do sterowania gestem, umieszczone w innym miejscu niż podstawowy interfejs sterujący. Dobrym przykładem takiego zastosowania może być pojazd typu AGV. Umieszczenie takiego obszaru z przodu i z tyłu pozwoli na sterowanie urządzeniem podchodząc do niego od dowolnej strony.

Koncepcja panelu sterującego

Zastosowanie omawianych technik może mieć miejsce również dla klasycznych pulpitu sterujących, opartych na dość powszechnie używanych przyciskach mechanicznych i synoptyce. Łącząc technologie ET z GR oraz obecnymi rozwiązaniami opartymi na przyciskach można opracować multifunkcyjne stanowisko operatorskie. Na Rys. 2 zaprezentowano koncepcję takiego stanowiska, do którego taśmociągami (8) przyjeżdżają detale. Jeśli przy stanowisku nie ma nikogo pulpit jest zablokowany (4). Jeśli do stanowiska podeszł operator, który ma przypisane uprawnienia do pracy na tym miejscu może wyłączyć blokadę. Wyłączenie blokady nastąpi po skupieniu wzroku na środkowym czujniku wzroku (1). Stanowisko przechodzi wówczas w tryb praca (5). W tym trybie pulpit jest aktywny w pełnej funkcjonalności. Operator po kontroli wzrokowej podejmuje jedną z trzech możliwych decyzji. Realizacja decyzji może zostać wykonana poprzez naciśnięcie klawisza lub wykonanie odpowiedniego gestu. Detal może być odrzucony klawiszem



Rys. 2. Koncepcja panelu sterującego z wykorzystaniem ET, GR oraz przycisków mechanicznych. 1 - ET główny; 2 - mechaniczne klawisze; 3 - piktogramy klawiszy; 4 - sygnalizacja blokady; 5 - sygnalizacja pracy; 6 - ET lewy; 7 - ET prawy; 8 - podajnik taśmowy; 9 - elektrody boczne; 10 - elektroda główna; 11 - piktogramy dla gestu ręki.

cz czerwonym, wysłany do poprawy klawiszem żółtym lub zaakceptowany klawiszem zielonym. Alternatywnie można wykonać gest przypisany do podjętej decyzji(11). Wykonanie przesunięcia ręki w prawo akceptuje detal wykonanie przesunięcia w lewo odrzuca detal, a ruch ręki do siebie przekaże detal do poprawy. Ponadto, aby zapewnić większą elastyczność decyzja może zostać również zrealizowana za pomocą spojrzenia (6, 7) w prawą stronę (akceptacja), lewą (odrzuć). Do czujników 6, 7 można również przypisać inne akcje, które mogą wystąpić na stanowisku np. zgłoszenie awarii, wezwanie serwisu. Po opuszczeniu pola widzenia czujnika (1) nastąpi blokada stanowiska.

Zaproponowane rozwiązanie może zostać wykorzystane na stanowiskach, gdzie operator podejmuje monotonne powtarzające się decyzje np. potwierdź, odrzuć, wydrukuj potwierdzenie, zatrzymaj, następny detal itp. Umożliwienie pracownikowi podejmowania decyzji za pomocą różnych interfejsów może poprawić ergonomię stanowiska oraz ograniczyć drobne urazy np. obcieranie naskórka na dłoni przez ciągłe naciskanie przycisków. Może także przełamać monotonię pracy na stanowiskach, przez co operator może zachować większą czujność po kilku godzinach pracy. Ograniczeniem tego rozwiązania może być środowisko, w którym operator pracuje w bezpośrednim kontakcie urządzeń generujących pole elektryczne lub magnetyczne np. zgrzewarki, elektromagnesy. Zamiast pulpitu z przyciskami można w podobny sposób zrealizować panel klasy HMI.

Podsumowanie

Nie ma jednej uniwersalnej i najlepszej metody interakcji człowieka z maszyną. Obecnie dostrzega się potrzebę wielu funkcji i opcji oddziaływania. W konsekwencji można postawić tezę, że potrzebne są nowe interfejsy HMI i nowe formy interakcji. W urządzeniach tego typu nie należy zastępować obecnie używanych metod innymi. Powinny być one wzbogacone o zaimplementowanie nowych zwiększając ich możliwości funkcjonalne. W efekcie otrzyma się urządzenie multifunkcyjne z różnymi interfejsami, wśród których można wymienić: przyciski, łączniki, suwaki, ekrany dotykowe, wskaźniki, analizatory skupienia, rozpoznawanie gestów rąk i nóg oraz asystenci głosowi. Stosownie do możliwości technicznych urządzenia i jego przeznaczenia każdy z tych interfejsów może zapewnić pewien zakres oddziaływania z człowiekiem. W idealnym przypadku powinny się

wzajemnie przenikać lub w mniej idealnym uzupełniać. Ostatecznie to użytkownik powinien sam decydować, z którego interfejsu będzie chciał skorzystać do wybrania interesującej go funkcji.

Innym ważnym aspektem interakcji człowiek-maszyna są również względy higieniczne i epidemiologiczne. Główną przyczyną zwiększenia zainteresowania możliwością interakcji bez konieczności fizycznego kontaktu była niewątpliwie pandemia COVID-19. Wymóg posiadania przez urządzenie co najmniej jednego interfejsu bezdotykowego może zostać spełniony przez zaimplementowanie GR, ET lub innych bezdotykowych interfejsów.

Bibliografia

- [1] M. Kowalczyk-Hernandez, „Zaawansowane narzędzia optometrii i psychofizyki widzenia. Część VIII – śledzenie ruchów oczu metodami optycznymi”, kwi. 2022.
- [2] Apple Inc., „Zaawansowana technologia Face ID”. Dostęp: 12 grudnia 2023. [Online]. Dostępne na: <https://support.apple.com/pl-pl/102381>
- [3] P. Kasprowski, K. Haręźlak, i M. Stasch, „Guidelines for the Eye Tracker Calibration Using Points of Regard”, w *Information Technologies in Biomedicine*, Volume 4, t. 284, E. Piętka, J. Kawa, i W. Wieclawek, Red., w *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 284., Cham: Springer International Publishing, 2014, s. 225–236. doi: 10.1007/978-3-319-06596-0_21.
- [4] T. Zheng, C. H. Glock, i E. H. Grosse, „Opportunities for using eye tracking technology in manufacturing and logistics: Systematic literature review and research agenda”, *Computers & Industrial Engineering*, t. 171, s. 108444, wrz. 2022, doi: 10.1016/j.cie.2022.108444.
- [5] „Eye Trackers”, COGAIN – Communication by Gaze Interaction. Dostęp: 10 grudnia 2023. [Online]. Dostępne na: https://wiki.cogain.org/index.php/Eye_Trackers
- [6] T. Kim, S. Mohammed, C. Ramos, J. Abawajy, B.-H. Kang, i D. Ślęzak, Red., *Computer Applications for Web, Human Computer Interaction, Signal and Image Processing, and Pattern Recognition: International Conferences, SIP, WSE, and ICHCI 2012, Held in Conjunction with GST 2012, Jeju Island, Korea, November 28-December 2, 2012. Proceedings*, t. 342. w *Communications in Computer and Information Science*, vol. 342. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. doi: 10.1007/978-3-642-35270-6.
- [7] M. T. Inc, „GestIC® Technology Basics”. Dostęp: 10 grudnia 2023. [Online]. Dostępne na: <https://www.microchip.com/en-us/solutions/touch-and-gesture-technologies/gestic-technology-basics#>
- [8] R. Agrawal i N. Gupta, „Real Time Hand Gesture Recognition for Human Computer Interaction”, w *2016 IEEE 6th International Conference on Advanced Computing (IACC)*, Bhimavaram, India: IEEE, luty 2016, s. 470 – 475. doi: 10.1109/IACC.2016.93.

Mgr inż. Tomasz Zyzak – pracuje w firmie Kontakt-Simon jako konstruktor elektronik w dziale technicznym zajmując się projektowaniem, testowaniem i wprowadzaniem elektroniki na rynek oraz wsparciem technicznym.

Dr hab. inż. Piotr Gaj – pracuje w Katedrze Systemów Rozproszonych i Urządzeń Informatyki Wydziału Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej zajmując się rozwiązaniami komunikacyjnymi dla systemów przemysłowych.