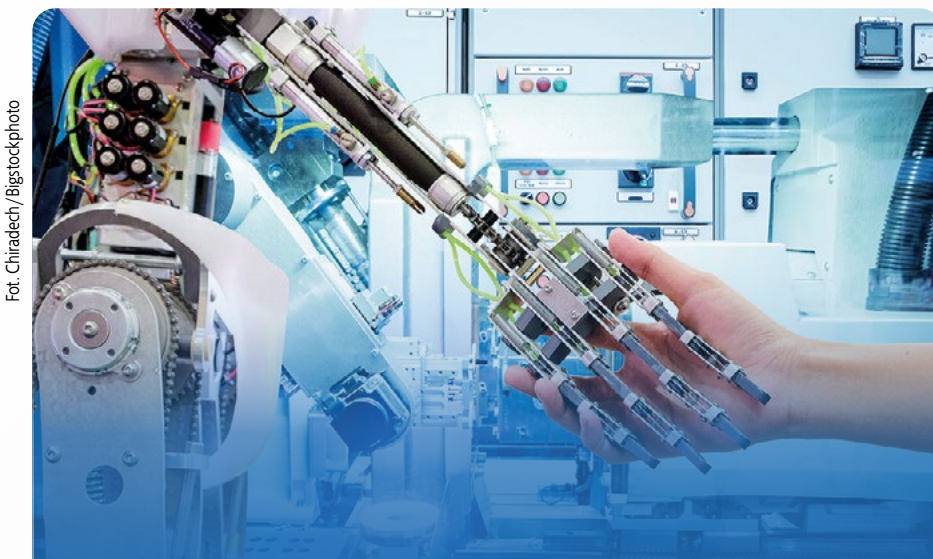


Symulacja współpracy z robotem w wirtualnym środowisku pracy.

Wyniki badań ankietowych – założenia teoretyczne (1)



Fot. Chiradech/Bigstockphoto

W artykule przedstawiono zagadnienie wykorzystania rzeczywistości wirtualnej do badania wpływu przemysłowego robota współpracującego na pracownika, w szczególności wywołany bliską obecnością robota niepokój. Opisano procedurę badań obejmującą symulację w rzeczywistości wirtualnej współpracy z robotem przy montażu elementów silników. Przedstawiono narzędzia kwestionariuszowe planowane do użycia w trakcie badań z ochotnikami oraz wyniki badań pilotażowych. Wyniki właściwych badań opisane zostaną w drugiej części artykułu.

Słowa kluczowe: roboty współpracujące, rzeczywistość wirtualna, procedura badań

Simulated cooperation with a robot in the virtual occupational environment. Survey research – theoretical foundation (1)

The article presents the issue of the use of the virtual reality in order to study the impact of an industrial collaborative robot on an employee, in particular anxiety caused by the close presence of the robot. The research procedure is described, including simulation in virtual reality of cooperation with a robot during the assembly of engine components. The questionnaire tools planned to be used in research with volunteers and the results of the pilot research are described. The results of the final research will be described in the second part of the article.

Keywords: robots, virtual reality, research tools

Wstęp

Przemysł przełomu 2. i 3. dekady XXI w. charakteryzuje się m.in. coraz bardziej zaawansowanymi technologiami i wykorzystaniem coraz bardziej skomplikowanych maszyn. Rezultatem takiego stanu rzeczy jest natomiast coraz bardziej wielopoziomowa i wysublimowana interakcja człowieka z maszyną, wymagająca od pracowników zdobywania nowych umiejętności. Wynika to chociażby ze sposobu obsługi urządzeń, coraz częściej powiązanego z programowaniem ich w celu późniejszego sterowania nimi. Jednocześnie pojawia się problem współpracy człowieka ze zautomatyzowaną czy zrobotyzowaną linią produkcyjną.

Automatyzacja i informatyzacja procesu współdziałania człowieka z maszyną powodują pojawienie się niewystępujących wcześniej problemów dotyczących bezpieczeństwa i ergonomii pracy, których rozwiązanie wymaga prowadzenia prac badawczych z wykorzystaniem zaawansowanych osiągnięć techniki, w tym techniki rzeczywistości wirtualnej.

Poczucie bezpieczeństwa pracownika, które może przekładać się na wydajność jego pracy [1], to jeden z nowych aspektów współpracy człowieka z robotem przemysłowym [2], który należy rozważyć, projektując taką pracę [3,4]. W celu zbadania tego zagadnienia, w ramach projektu realizowanego przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, wykonano badania ankietowe, których założeniem była weryfikacja możliwości wykorzystania techniki rzeczywistości wirtualnej do prowadzenia prac badawczych z zakresu bezpieczeństwa pracy i ergonomii. Ich założenia teoretyczne zostaną zaprezentowane w pierwszej części artykułu, a wyniki – w części drugiej.

Założenia badań

Wykonanie badań wymagało przeprowadzenia oceny poczucia bezpieczeństwa oraz wydajności pracy przy symulacji współpracy

człowieka z robotem przemysłowym, a także oceny poczucia obecności podczas przebywania pracownika w wirtualnym środowisku pracy (WŚP). Środowisko to zostało przygotowane do przeprowadzenia badań z udziałem ochotników i składało się z komputerowych modeli następujących elementów (rys. 1.):

1. przenośnik taśmowy z zamocowanymi na nim korpusami silników,
2. robot przemysłowy,
3. korpusy montowanych silników,
4. element sterowniczy (przycisk) uruchamiający taśmę,
5. element sterowniczy (przycisk) urządzenia zatrzymywania awaryjnego,
6. cylindry silników,
7. pokrywy cylindrów,
8. krzesło pracownika,
9. przykładowy prawidłowo zmontowany silnik,
10. pojemnik zawierający śruby,
11. ruchome ramię robota – element wykonawczy (efektor),
12. ściany pomieszczenia.

Poza tymi elementami wirtualne środowisko pracy (WŚP) zawierało inne, nieistotne z punktu widzenia wykonywanych czynności elementy, stanowiące jedynie uzupełnienie i dekorację, mające jednak wpływ na stopień realizmu przygotowanej symulacji. Były to więc: dodatkowe stoły, ustawione pod ścianami regały, kaloryfery, przewody wentylacyjne, kosz na śmieci, plakaty i kalendarz. Wirtualne pomieszczenie było też ograniczone ścianami wchodzącymi w skład hali produkcyjnej. Umieszczono w nich otwory okienne i drzwiowe, przez które widoczne były dalsze części hali (obrazowane za pomocą zdjęć rzeczywistych pomieszczeń). Następnie WŚP poddano wstępnej analizie wyników badań pilotażowych i na tej podstawie wprowadzono do niego pewne poprawki.

Symulacja współpracy z robotem

Cykl pracy robota przemysłowego składa się z następujących czynności (rys. 2.):

1. pobranie przez robota śrub z pojemnika do przykręcenia pierwszego cylindra, pozycja (a),
2. przemieszczenie końcówki robota do pozycji (b), w której czeka na umieszczenie pierwszego cylindra na lewym korpusie silnika,
3. po umieszczeniu pierwszego cylindra przez człowieka następuje przykręcenie pierwszego cylindra przez ramię robota, pozycja (c). Zakończenie montażu cylindra lub pokrywy z udziałem robota i operatora rozpoznawane jest w każdym cyklu chwyceniem przez człowieka następnego elementu,
4. pobranie przez robota śrub z pojemnika do przykręcenia drugiego cylindra, pozycja (a),
5. powrót końcówki robota do pozycji (b); robot czeka na informację o ustawionym przez pracownika drugim cylindrze na prawym korpusie silnika,
6. przykręcenie drugiego cylindra przez ramię robota,



Rys. 1. Schemat wirtualnego środowiska pracy

Fig. 1. Virtual occupational environment schematics

7. pobranie przez robota śrub z pojemnika do przykręcenia pierwszej pokrywy, pozycja (a), a następnie powrót końcówki robota do pozycji (b); robot czeka na informację o ustawionej przez pracownika pierwszej pokrywie na lewym korpusie silnika,

8. przykręcenie pierwszej pokrywy przez ramię robota, pozycja (c); pracownik ukończył montaż lewego silnika,

9. pobranie przez robota śrub z pojemnika do przykręcenia drugiej pokrywy, pozycja (a), a następnie powrót końcówki robota do pozycji (b); robot czeka na informację o umieszczeniu drugiej pokrywy w prawym korpusie silnika – wciśnięcie przez pracownika zielonego przycisku,

10. przykręcanie pokrywy,

11. powrót końcówki robota do pozycji (a) w celu pobrania śrub,

12. przesunięcie się taśmą z korpusami o dwa gniazda z korpusami silników.

Przycisk zatrzymania awaryjnego nie był wykorzystywany w trakcie symulacji. Jego wciśnięcie miało sygnalizować, że ochotnik chce przerwać badania – sytuacja taka nie wystąpiła.

Metodyka badań

W trwających dwa razy po jeden dzień badaniach wzięło udział 40 osób (mężczyźni w wieku 20-30 lat), przy czym założono, że odstęp między pierwszą a drugą częścią badań nie może być większy niż 3 dni. Wyniki zbierano w sposób kodowany, co oznacza, że każdy z uczestników otrzymywał indywidualny kod, którym następnie oznaczane były uzyskane przez niego wyniki. Po zakończeniu badań nie było możliwe powiązanie wyników osób biorących w nich udział z danymi osobowymi.



Rys. 2. Pozycje pracy robota przemysłowego

Fig. 2. Positions of the industrial robot

W przypadku każdej osoby badanie składało się z następujących etapów:

a) Zapoznanie z celem i przebiegiem badań oraz podpisanie formularza zgody na udział w badaniach. Przed wyrażeniem zgody każdy uczestnik informowany był o dobrowolnym charakterze badań oraz możliwości ich przerwania w dowolnym momencie. Informowany był również o potencjalnym negatywnym wpływie przebywania w środowisku rzeczywistości wirtualnej (VR) na samopoczucie oraz sposobach postępowania w takim przypadku. Proszony był też o powstrzymanie się od prowadzenia pojazdów mechanicznych bezpośrednio po zakończeniu badań.

b) Wprowadzenie uczestnika w wirtualne środowisko pracy. Zgodnie z opracowaną procedurą, po założeniu hełmu oraz inforekawic każda osoba odbywała krótkie, ok. 10-minutowe szkolenie dotyczące zachowania się w WŚP oraz operowania przedmiotami. Szkolenie obejmowało również czynności wykonywane podczas cyklu pracy.

Etapy a) i b) prowadzone były tylko pierwszego dnia badań.

c) Cykl pracy z zastosowaniem robota przemysłowego odbywał się zarówno pierwszego, jak i drugiego dnia badań i trwał 20 minut. Polegał na samodzielnym wykonywaniu czynności związanych z pracą na linii produkcyjnej silników spalinowych.

d) Cykl pracy bez zastosowania robota przemysłowego również trwał 20 minut, a praca polegała na wykonywaniu identycznych czynności jak w cyklu pracy z udziałem robota. Ten cykl pracy również odbywał się pierwszego i drugiego dnia badań.

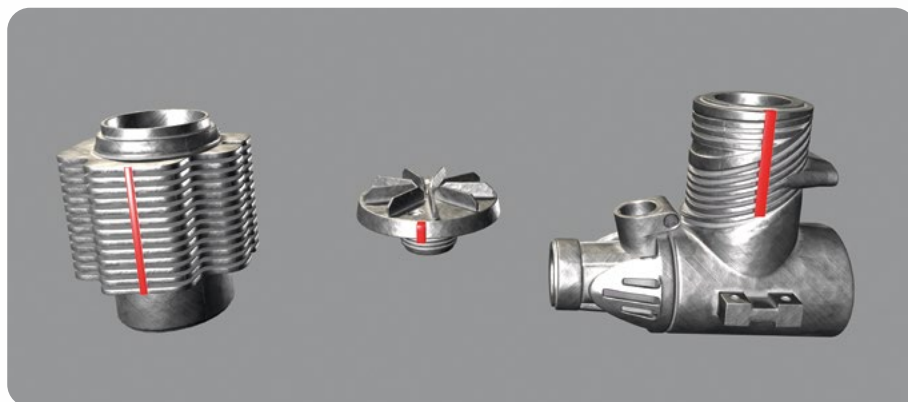
Żadna z przerw pomiędzy dwoma okresami przebywania w środowisku VR nie mogła trwać krócej niż 20 minut. W trakcie tych przerw, a także po zakończeniu ostatniego cyklu pracy uczestnicy badań wypełniali kwestionariusze badania ankietowego.

Podczas przygotowywania procedury badań wzięta została pod uwagę konieczność przerwania cyklu badań. Mogła ona wynikać z przyczyn technicznych (np. błąd aplikacji obsługujących badania) lub z prośby osoby badanej (np. ze względu na pogorszenie samopoczucia). W takiej sytuacji cykl badań wznowiany był najszybciej, jak było to możliwe. Długość wznowionego cyklu była równa czasowi, który pozostał do 20 minut w momencie przerwania badań, powiększonemu o 2 minuty.

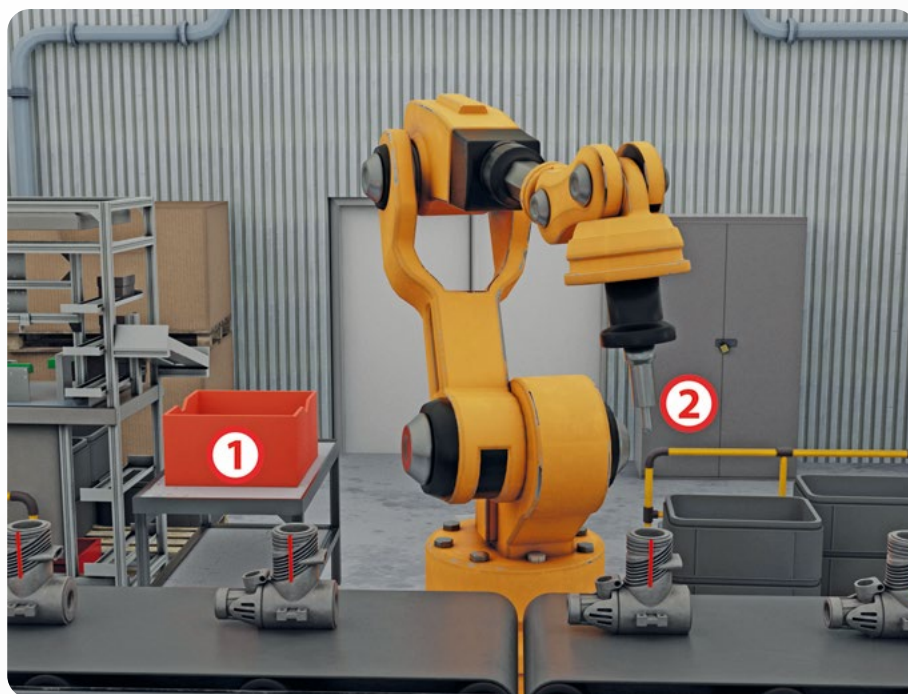
W celu zredukowania wpływu kolejności wykonywanych cykli badawczych na uzyskane wyniki, badania z udziałem robota oraz bez jego obecności prowadzone były na przemian, według jednego z dwóch schematów:

1. Dzień pierwszy: Ta A B, dzień drugi: B A
2. Dzień pierwszy: Tb B A, dzień drugi: A B
gdzie: Ta – trening z udziałem robota, Tb – trening bez udziału robota, A – cykl pracy z robotem, B – cykl pracy bez robota.

Dodatkowo wprowadzono zmianę kolejności wypełnianych przez poszczególne osoby ankiet.



Rys. 3. Elementy montażowe silnika ze zmodyfikowanymi znacznikami prawidłowego montażu
Fig. 3. Mounting elements of an engine with modified markers of proper assembly



Rys. 4. Robot przemysłowy z końcówką (2) oraz pojemnikiem na śruby (1)
Fig. 4. Industrial robot with an ending (2) and screw container (1)

W wyniku tych dwóch kroków wszystkie osoby badane podzielone zostały na 8 grup (po 5 osób w każdej grupie). Pomieszczenie, w którym odbywały się badania, było zaciemnione i klimatyzowane.

Kompletny cykl pracy z udziałem robota (rys. 1.) wyglądał następująco:

- pracownik umieszcza cylinder na pierwszym (położonym z lewej strony) korpusie silnika
- robot przykręca cylinder na pierwszym korpusie; w tym czasie pracownik umieszcza cylinder na drugim (położonym z prawej strony) korpusie
- robot przykręca cylinder na drugim korpusie; w tym czasie pracownik umieszcza pokrywę na pierwszym korpusie
- robot przykręca pokrywę na pierwszym korpusie; w tym czasie pracownik umieszcza pokrywę na drugim korpusie i wciska przycisk uruchamiający taśmę
- robot przykręca pokrywę na drugim korpusie

- taśma z korpusami przesuwana się o dwa gniazda z korpusami silników.

Kolejne założenia dotyczące wykonywanego zadania roboczego były następujące:

- zadanie robocze wykonywane było w pozycji siedzącej, podczas całej serii nie było konieczności wstawiania

- w zasięgu pracownika znajdował się przycisk awaryjnego zatrzymania; pracownik został poinstruowany o możliwości jego użycia w sytuacji zagrażającej jego zdaniem bezpieczeństwu.

Ze względu na wirtualny charakter całego środowiska, w którym prowadzono badania, nie występowało zagrożenie kontaktu osoby badanej z poruszającymi się bądź niebezpiecznymi przedmiotami. Mimo to przebywanie w wirtualnym środowisku może się wiązać z pogorszeniem samopoczucia, w tym z nudnościami. Trudności te zostały jednak zminimalizowane w następujący sposób:

- pojedyncza seria badań nie była dłuższa niż 20 minut, a przerwa między seriami nie była krótsza niż 20 minut

- podczas badań nie były symulowane przyspieszenia ani ruch całego otoczenia (tak jak to ma miejsce w przypadku symulatorów pojazdów); ruch osoby badanej w środowisku rzeczywistym przekłada się na dokładnie taki sam ruch w środowisku wirtualnym, co ogranicza możliwość pojawienia się skutków choroby lokomocyjnej

- wykorzystywany podczas badań infohełm nie był w pełni „zanurzony”, tzn. nie zasłaniał całego pola widzenia.

Interakcja ze środowiskiem wirtualnym

Chwytnie przedmiotu w wirtualnym środowisku pracy odbywa się poprzez zaciśnięcie dłoni w jego wnętrzu. W celu usprawnienia tej czynności wprowadzono sygnalizację w postaci zmiany koloru elementu chwytanego na czerwony w chwili, gdy dłoń znajduje się w wystarczająco bliskiej odległości, aby możliwe było pochwytnie. Czerwony kolor znika w momencie puszczenia przedmiotu i oddalenia od niego dłoni. Wobec braku możliwości odczuwania w WŚP dotyku, sygnalizacja taka poprawia realizm chwytania i puszczenia przedmiotów.

Do montowanych elementów dodano kołnierze, trafiające w trakcie montażu w odpowiadające im prowadnice. W przypadku łączenia cylindra z korpusem silnika prowadnice są niewidoczne, natomiast w przypadku pokrywy stanowią jej integralną część. Zanim złożone elementy zostaną skrócone przez robota, można nimi obracać wokół osi pionowej – co staje się również możliwe w odniesieniu do skręconej całości. Zadaniem uczestnika badań było precyzyjne zestawienie umieszczonych na obu elementach znaczników (rys. 3.); ewentualne niedokładności były odczytywane przez system jako błąd montażu. Znaczniki w pierwotnej wersji były zbyt małe, co utrudniało prawidłowy montaż, dlatego przed kolejnymi próbami powiększono je.

Na podstawie wyniku badań pilotażowych poszerzono katalog obiektów, między którymi możliwa jest detekcja kolizji. Oprócz blatów, powierzchni taśmy i korpusu silnika detekcję kontaktu wprowadzono również w odniesieniu do podłogi oraz umiejscowionych na stołach ramek, w których znajdują się elementy montowane. Ramki stanowią zabezpieczenie przed przypadkowym strąceniem cylindrów lub pokrywy elementem przenoszonym przez pracownika.

Zdecydowano również o konieczności zmiany końcówki ramienia robota (rys. 4.) z chwytaka na specjalny typ klucza nasadowego (2) z możliwością pobierania określonej liczby śrub z pojemnika na śruby (1). Wykonano to w celu zminimalizowania liczby ruchów robota, które są niezbędne do wykonania podczas skręcania silnika. Dzięki temu robot w znacznie mniejszym stopniu ograniczał szybkość pracy osoby badanej. Po zastosowaniu nowej końcówki robot przemysłowy wykonywał operację pobrania śrub tylko

raz, na początku nowo rozpoczętego cyklu pracy. Zredukowana liczba pobrań śrub w trakcie jednego cyklu pracy spowodowała skrócenie czasu pracy robota. Ta modyfikacja pociągnęła za sobą również zmianę kolejności etapów pracy robota.

Zgodnie z przyjętymi założeniami opracowany został także drugi typ pracy, w którym pracownik wykonuje to samo zadanie robocze w WŚP, ale bez udziału robota przemysłowego (który jest niewidoczny). Pracownik montuje silniki bez operacji skręcania, którą w pierwszym przypadku (w wersji środowiska, w której był widoczny) realizował robot. W celu wychwycenia różnic pomiędzy pracą człowieka w obecności robota i bez niej muszą być zachowane opóźnienia wynikające z pracy robota. Żeby uzyskać ten efekt w wersji bez robota, pozostawiono w niej manipulator, który wykonywał wszystkie czynności montażowe, ale był niewidoczny i niesłyszalny. Dzięki temu różnice w długości trwania cykli pracy zależą zawsze tylko od pracownika.

Rejestracja danych podczas badań

W celu oceny takich parametrów, jak liczba popełnianych błędów czy średni czas zakończenia jednego cyklu pracy, możliwości systemu zostały poszerzone o rejestrację parametrów dotyczących czynności wykonywanych przez osobę badaną. Rejestracja ta prowadzona była przez cały czas trwania każdej sesji badań z częstotliwością ok. 60 Hz (czyli z częstotliwością, z którą wyświetlany był obraz). Zapisywane (w plikach tekstowych) były następujące parametry:

- położenia oraz rotacje każdej z dłoni oraz głowy osoby badanej
- informacja o tym, czy któraś z dłoni była w danej chwili zaciśnięta
- informacja o tym, czy w którejś dłoni przenoszony był w danej chwili przedmiot
- położenie końcówki ramienia robota
- stan wciśnięcia przycisku uruchamiającego taśmę oraz przycisku urządzenia zatrzymywania awaryjnego
- położenia i rotacje montowanych elementów (w trakcie montażu i po jego zakończeniu)
- informacja o tym, czy robot wykonywał w danej chwili ruch
- informacja o tym, czy przenośnik taśmowy wykonywał w danej chwili ruch
- informacja o tym, czy w momencie zakończenia cyklu pracy poszczególne elementy obu montowanych silników były prawidłowo umieszczone na korpusach.

W celu zminimalizowania wpływu początkowej, rozruchowej fazy każdego z cykli badań, początkowe 2 minuty nie były brane pod uwagę podczas analizy wyników.

Rejestracja danych ze środowiska wirtualnego umożliwia dodatkowo pomiar wskaźników obiektywnych związanych z wykonywaną pracą, takich jak czas wykonania zadania i popełnione błędy (w tym przypadku są to niedokładności montażu poszczególnych elementów). Wpływ obecności wirtualnego robota na wartości tych

wskaźników zostanie szczegółowo opisany w drugiej części artykułu.

Przygotowanie badań ankietowych

Badanie ankietowe składało się z następujących części:

- kwestionariusz obecności przestrzennej
- skale standardowe:
 - lęk jako stan i cecha – kwestionariusz STAI
 - nastrój – skala nastroju i termometr nastroju
 - pomiar negatywnej postawy wobec robotów – NARS
 - skala postaw i zachowania wobec robotów.

Kwestionariusz obecności przestrzennej

Zagadnienie obecności jest jednym z najważniejszych obszarów badawczych psychologii kontaktu człowieka ze środowiskami wirtualnymi. Pojęcie to pochodzi od sformułowanego w latach 80. XX w. terminu „teleobecność”, za pomocą którego opisywano wrażenie przeniesienia nadawcy lub odbiorcy komunikatu do innego miejsca niż to, w którym faktycznie przebywał, za pomocą systemu teleinformatycznego. W późniejszych latach definicja ta została poszerzona o wszystkie rodzaje tradycyjnych i nowoczesnych form medialnych, natomiast termin skrócono do funkcjonującego dziś słowa „obecność”.

Współcześnie pojęcie obecności rozumiemy jako „subiektywne wrażenie przebywania w syntetycznym środowisku za pośrednictwem przez medium, które to wrażenie związane jest bezpośrednio z brakiem świadomości jednostki, co do pośrednictwa interfejsu pomiędzy zachowaniami w fizycznym i sztucznym otoczeniu” [5]. Choć tak szeroka definicja nie oddaje w pełni złożoności fenomenologicznej zjawiska, to spotyka się z dość powszechną akceptacją. Analiza szeregu różnych teorii obecności wyróżnia we wnioskach końcowych dwie dominujące koncepcje: obecność przestrzenną i obecność społeczną. Pierwsza z nich odnosi się bezpośrednio do opisanego wrażenia przeniesienia jednostki do za pośredniczonego przez medium środowiska i przebywania w nim. Druga nawiązuje do subiektywnych przeżyć związanych z przebywaniem, komunikacją i współdziałaniem z reprezentacją (zwaną awatarem) za pośredniczonej osoby lub osób [5].

Pośród szeregu koncepcji metod pomiaru tego zjawiska, rozwijanych od początku ostatniej dekady XX w., dominują rozdzienia kwestionariuszowe. Pierwsze skonstruowane skale koncentrowały się w dużym stopniu na immersyjnych właściwościach form medialnych służących ekspozycji i kontroli syntetycznych środowisk lub zawartości treściowej tych środowisk. Immersyjne właściwości („zanurzania” osoby w wirtualnej rzeczywistości) były tam rozumiane między innymi jako liczba stymulowanych zmysłów, intensywność tej stymulacji oraz zakres możliwej interakcji. Dziś dominuje pogląd zwracający uwagę na konieczność rozdzielenia subiektywnego wrażenia obecności, jako stanu systemu

poznawczego człowieka, od wspomnianych cech formalnych medium.

Kwestionariusz obecności przestrzennej został opracowany tak, by stworzone skale pomiaru odpowiadały ośmiu kluczowym elementom: (1) zaangażowanie uwagi, (2) sytuacyjny model przestrzeni, (3) obecność przestrzenna: autolokacja, (4) obecność przestrzenna: możliwe zachowania, (5) zaangażowanie poznawcze, (6) podtrzymanie niedowierzania, (7) zainteresowanie treścią medium oraz (8) wyobraźnia przestrzenna. Badani odnoszą się do stwierdzeń przy pomocy pięciostopniowej skali Likerta o wartościach: „zupełnie się nie zgadzam”, „nie zgadzam się”, „nie mam zdania”, „zgadzam się”, „zupełnie się zgadzam”. Kwestionariusz był wypełniany bezpośrednio po kontakcie osoby badanej ze źródłem stymulacji.

Kwestionariusz obecności przestrzennej jest również traktowany jako miara oceny poziomu przystosowania do środowiska wirtualnego; osoby, dla których to środowisko jest bardziej realne (lepiej się w nim odnajdują), uzyskują wyższe wartości na poszczególnych skalach tego kwestionariusza.

Kwestionariusz STAI

Kwestionariusz STAI jest adaptacją *State-Trait Anxiety Inventory* [6]. Służy do badania poziomu lęku rozumianego jako chwilowy stan wywołany sytuacyjnie (skala X1 – lęk jako stan) oraz jako względnie trwałe i ukształtowane wcześniej cecha osobowości (skala X2 – lęk jako cecha). Spielberger opisuje lęk-stan jako subiektywnie odczuwane uczucie obawy, napięcia, któremu towarzyszy pobudzenie autonomicznego układu nerwowego [7]. Lęk-cecha to charakterystyka osobowościowa. Osoby o wysokim natężeniu lęku-cechy postrzegają nawet niegroźne sytuacje jako zagrażające. Jeśli chodzi o trafność teoretyczną, to badania eksperymentalne w odniesieniu do skali lęku-stanu wykazały zdolność do różnicowania sytuacji, które powinny wytwarzać różne poziomy lęku. Osoby badane w sytuacji rzeczywistego i wyobrazonego zagrożenia uzyskały wyższe wyniki niż w sytuacji kontrolnej [8]. Przewidywania dotyczące poziomu lęku-stanu i lęku-cechy w odniesieniu do planowanych badań były następujące:

1) Osoby badane będą się charakteryzowały wyższym poziomem lęku-stanu w sytuacji wykonywania pracy w WŚP z aktywnym robotem w porównaniu do sytuacji, w której robot pozostaje bierny.

a) Zależność ta będzie miała miejsce zarówno w przypadku pomiaru w oczekiwaniu na sesję eksperymentalną, jak i po niej,

b) Poziom lęku-stanu będzie wyższy przed sesją niż po niej.

2) Osoby charakteryzujące się wysokim poziomem lęku-cechy będą reagowały wyższym poziomem lęku-stanu:

a) na sytuację eksperymentalną ogółem,

b) na sytuację z aktywnym robotem.

3) Osoby charakteryzujące się wysokim poziomem lęku-cechy będą gorzej funkcjonowały w środowisku eksperymentalnym, co przejawia się:

a) w gorszym poziomie wykonania zadania,

b) mniejszą liczbą poprawnie wykonanych obiektów,

c) większą liczbą błędów.

Skala nastroju

Przymiotnikowa skala nastroju pozwala zmierzyć jego poziom na różnych etapach udziału w eksperymencie [9]. Skala ta ma równoległe wersje, co pozwala na zastosowanie powtarzanych pomiarów. Można nią zatem zmierzyć wyjściowy poziom nastroju oraz jego zmiany w odpowiedzi na przyjemne lub przykre doznania związane z kontaktem WŚP i robotem. Dodatkowo zaproponowano zastosowanie standardowego barometru nastroju.

Przewidywania dotyczące poziomu nastroju w odniesieniu do planowanych badań:

a) osoby dobrze przystosowane do środowiska 3D będą miały lepszy nastrój po badaniu,

b) osoby cechujące się bardziej przychylną postawą wobec robotów będą miały lepszy nastrój po wykonaniu zadania w środowisku z działającym robotem.

Negatywna postawa wobec robotów

Skala NARS (ang. *Negative Attitude toward Robots Scale*) pozwala przewidzieć stosunek osób badanych do robotów [10]. Osoby cechujące się wysokim wynikiem w tej skali będą unikać kontaktów z robotami, a zmuszone do tego będą odczuwać dyskomfort. Skala ta składa się z trzech podskali:

S1. Negatywna postawa wobec interakcji z robotami

S2. Negatywna postawa wobec wpływu społecznego robotów

S3. Negatywna postawa wobec emocji w interakcjach z robotami.

Przewidywania związane z tym badaniem dotyczą w szczególności podskali S1, za pomocą której diagnozuje się negatywną postawę wobec interakcji z robotami.

Przewidywania dotyczące postawy wobec robotów mierzonej skalą NARS w odniesieniu do planowanych badań dotyczą tego, że osoby o negatywnej postawie wobec robotów będą gorzej adaptować się do sytuacji badawczej z działającym robotem (będą wymagały dłuższego treningu, wykonają mniej przedmiotów, popełnią więcej błędów) oraz będą odczuwały większy lęk (przed badaniem z udziałem aktywnego robota, po badaniu z udziałem aktywnego robota), a ponadto będą miały gorszy nastrój po wykonaniu zadania.

Podsumowanie

Celem przeprowadzenia badań była weryfikacja zachowań człowieka zanurzonego w rzeczywistości wirtualnej, gdzie miałby on uczestniczyć w symulacji współpracy z robotem.

W celu zbadania, jak taka symulowana współpraca będzie przebiegać, skonstruowano konkretne wirtualne środowisko pracy, w którym uczestnicy badań mogli sprawdzić, jak poradzą sobie nie tylko w sensie praktycznym, ale również emocjonalnym, w sytuacji, w której będą wykonywać zadania zawodowe we współpracy nie z drugim człowiekiem, ale maszyną. To wielowątkowy problem, który łączy ze sobą kwestie związane z robotyką, cybernetyką, ale i psychologią oraz ergonomią. Stąd obszernie wprowadzenie w podwaliny teoretyczne opisywanych badań.

W drugiej części artykułu zostaną zaprezentowane wyniki badań ankietowych, które zostały przeprowadzone *post-factum*, zgodnie ze skalami opisanymi w tej części tekstu.

BIBLIOGRAFIA

- [1] MEISSNER, A., TRÜBSWETTER, A., A. CONTI-KUFNER, S., SCHMIDTLER, J. Friend or Foe? Understanding Assembly Workers' Acceptance of Human-robot Collaboration. *J. Hum.-Robot Interact.* 2020, 10,1, Article 3, 30 p. DOI: 10.1145/3399433.
- [2] BRENDING, S., KHAN, A.M., LAW, M., MÜLLER, M., ZEISING, P. Reducing anxiety while interacting with industrial robots. *Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers (ISWC '16)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2016, 54-55. DOI: 10.1145/2971763.2971780.
- [3] EIMONTAITE, I., GWILT, I., CAMERON, D. et al. Graphical Signage Decreases Negative Attitudes towards Robots and Robot Anxiety in Human-Robot Co-working. In: *UK-RAS Conference: 'Robots Working For & Among Us' Proceedings*. UK-RAS Conference: 'Robots Working For & Among Us', 12 Dec 2017, Bristol, UK, 2018. EPSRC UK-RAS Network, 83-86.
- [4] NOMURA, T., KANDA, T., SUZUKI, T., KATO, K. Prediction of Human Behavior in Human-Robot Interaction Using Psychological Scales for Anxiety and Negative Attitudes Toward Robots. *IEEE Transactions on Robotics* 2008, 24,2:442-451. DOI: 10.1109/TRO.2007.914004.
- [5] LOMBARD, M., DITTON, T. At the heart of it all: The concept of presence. *Journal of Computer Mediated-Communication* 1997,3,2. <http://www.ascusc.org/jcmc/vol3/issue2/lombard.html>.
- [6] SPIELBERGER, C.D., GORSUCH, R.L., LUSHENE, R.E. *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA, 1970.
- [7] SPIELBERGER, C.D. *Theory and research on anxiety*. Spielberg, C.D. (ed.). Anxiety and behavior. Academic Press, New York, NY, USA, 1996.
- [8] WRZEŚNIEWSKI, K., SOSNOWSKI, T., MATUSIK, D. *Inwentarz stanu i cechy lęku STAI: polska adaptacja STAI: podręcznik*. Pracownia Testów Psychologicznych Polskiego Towarzystwa Psychologicznego, Warszawa 2002.
- [9] OHME, R.K. Świadomość własnego nastroju a pozytywno-negatywna asymetria zniekształceń. *Studia Psychologiczne* 1997,35,1:81-95.
- [10] SYRDAL, D.S., DAUTENHAHN, K., KOAY, K., WALTERS, M. The Negative Attitudes towards Robots Scale and Reactions to Robot Behaviour in a Live Human-Robot Interaction Study. Conference paper, 2009. https://www.researchgate.net/publication/229060118_The_Negative_Attitudes_towards_Robots_Scale_and_Reactions_to_Robot_Behaviour_in_a_Live_Human-Robot_Interaction_Study