

# **Badanie interakcji człowiek-maszyna w rzeczywistości wirtualnej w zakresie bezpieczeństwa pracy na przykładzie zdalnego sterowania manipulatorem**

Autor: Mgr inż. Jarosław Jankowski

Promotor: dr hab. inż., prof. nadzw. CIOP-PIB Andrzej Grabowski

## **Streszczenie**

Szkolenia z zakresu BHP są obowiązkową formą przekazywania informacji o tematyce przyczyniającej się do wykonywania pracy w sposób bezpieczny dla siebie jak i otoczenia, określone w artykułach prawnych m.in. w kodeksie pracy. Istnieje wiele form prowadzenia szkoleń z zakresu bhp również regulowane przez rozporządzenie jednak bardzo ważne jest aby prowadzone one były w sposób atrakcyjny. Badania literaturowe dowodzą bowiem, że ocena jakości szkoleń jest skorelowana z poziomem ich skuteczności. Dlatego też koniecznym jest poszukiwanie narzędzi upowszechnienia wiedzy z zakresu bezpieczeństwa pracy o wyższej skuteczności, a przede wszystkim użyteczne. Zupełnie nowe możliwości poznawcze i kształcące w procesie edukacji stwarzają techniki rzeczywistości wirtualnej. Rzeczywistość wirtualna (ang. Virtual Reality, skrót VR) jest to iluzoryczne środowisko zamodelowane w taki sposób, aby dać użytkownikowi wrażenie możliwości oddziaływania w innej, zaprezentowanej przez komputer, rzeczywistości. Mogą to być syntetyczne środowiska wytworzone za pomocą komputerowych symulacji bądź jak w przypadku teleobecności, przesyłane w czasie rzeczywistym obrazy rejestrowane przez kamery. Bardzo ważnym elementem tej techniki jest sposób odbierania przedstawianego świata oraz ilość zaangażowanych zmysłów w celu jak najgłębszego wprowadzenia uczestnika w wirtualny świat. Poziom odczucia obecności przestrzennej (ang. Spatial Presence) przez uczestnika symulacji na podstawie prezentacji wirtualnego/zdalnego środowiska jest bardzo ważnym warunkiem uwierzytelnienia przedstawionych treści np. szkolenia procedury wykonywania określonej pracy. Wzrostu poziomu obecności przestrzennej można dokonać m.in. poprzez stosowanie naturalnych interfejsów interakcji człowiek-maszyna. W niniejszej pracy zawarto opis działań dotyczących opracowania i oceny naturalnych/intuicyjnych interfejsów stosowanych w teleoperacji robotów inspekcyjno-interwencyjnym oraz eksploracji wirtualnych środowisk (o dużych rozmiarach) usprawniających pracę oraz umożliwiających prowadzenie szkoleń wykonywania wybranych

czynności z zastosowaniem opracowanych interfejsów, a więc w obszarze poprawy bezpieczeństwa i higieny pracy.

Celem pracy jest opracowanie modelu naturalnej interakcji człowieka z maszyną z wykorzystaniem technik rzeczywistości wirtualnej umożliwiającego tworzenie użytecznych aplikacji szkoleniowych w obszarze poprawy bezpieczeństwa i higieny pracy na przykładach zdalnie sterowanej wirtualnej suwnicy (sterowanej z poziomu roboczego) w środowisku o dużych rozmiarach oraz sterowania manipulatorem mobilnego robota inspekcyjno-interwencyjnego.

Osiągnięciu tego celu posłużyły badania, dotyczące:

- interfejsów teleoperacji mobilnego robota inspekcyjnego,
- interfejsu umożliwiającego sterownie wirtualną suwnicą z poziomu roboczego o rozmiarach środowiska pracy przekraczających rozmiary laboratorium w którym odbywało się doświadczenie.

W pracy przedstawiono trzy hipotezy:

1. Stosowanie naturalnych interfejsów człowiek – maszyna bazujących na technice rzeczywistości wirtualnej zmniejsza czas wykonywania zadań względem interfejsów wykorzystujących joysticki.
2. Stosowanie naturalnych interfejsów człowiek – maszyna bazujących na technice rzeczywistości wirtualnej zwiększa ocenę poziomu obecności przestrzennej względem interfejsów wykorzystujących joysticki.
3. Stosowanie naturalnych interfejsów człowiek – maszyna w aplikacjach szkoleniowych wykorzystujących techniki rzeczywistości wirtualnej umożliwia tworzenie użytecznych form szkoleniowych z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy.

W celu udowodnienia ostatniej hipotezy wykorzystano wyniki badań nad aplikacją szkoleniową procedur wykonywania określonej pracy przez górników (współwykonawca).

W rozprawie opisano opracowane poszczególne stanowiska badawcze, a najważniejsze to:

1. Funkcjonalny model zdalnie sterowanego robota inspekcyjno-interwencyjnego wyposażony w zakończony chwytakiem manipulator oraz ruchomy zestaw kamer. Umożliwia on prowadzenie badań nad zdalnym sterowaniem robota w warunkach symulowanych. Wchodzący w skład stanowiska interfejs sterowania składa się z okularów stereoskopowych oraz rękawic rzeczywistości wirtualnej. Całość

uzupełniona jest systemem rejestracji położenia głowy oraz ręki, joystickiem oraz komputerem PC wraz z niezbędnym oprogramowaniem. W celu porównania różnych interfejsów sterowania przygotowano również alternatywne systemy bazujące na ekranie LCD i manipulatorze typu joystick.

2. Interfejs składający się z rękawic rzeczywistości wirtualnej, stereoskopowych okularów projekcyjnych wraz z opracowanym algorytmem metody przekierowania kroku (Interfejs „RW”) oraz opracowany dla porównania, interfejs składający się z zestawu kontrolerów wyposażonych w magnetyczny system śledzenia oraz stereoskopowych okularów projekcyjnych (Interfejs „Std”).

Ocena przygotowanych interfejsów odbyła się na podstawie analizy wskaźników obiektywnych: czasu pracy potrzebnego do wykonania zadania oraz dokładności wykonania zadań. Dodatkowo badani wystawili ocenę subiektywną poszczególnym interfejsom poprzez wypełnienie następujących ankiet:

- kwestionariusz obecności przestrzennej MEC Spatial Presence Questionnaire,
- ankieta z grupą pytań dotyczących oceny użyteczności, intuicyjności oraz komfortu użytkowania poszczególnych interfejsów,
- ankieta jednokrotnego wyboru najlepszego z interfejsów pod względem użyteczności, intuicyjności oraz komfortu użytkowania.

W celu sprawdzenia ostatniej hipotezy wykorzystano kwestionariusz SUS (System Usability Scale).

Podsumowując wnioski wyciągnięte z wyników przeprowadzonych badań, zastosowanie technik rzeczywistości wirtualnej w metodzie sterowania mobilnymi robotami inspekcyjnymi zwiększa wydajność operatora, poziom obecności przestrzennej i oceny odległości, ułatwia realizację zadań, usprawnia i przyspiesza wykonywanie zadań, skraca czas potrzebny operatorowi na dostosowanie się do interfejsu sterowania dzięki podwyższonemu poziomowi intuicyjności sterowania przy zapewnieniu komfortu użytkowania. Na podstawie powyższego można wnioskować, iż zwiększając precyzję wykonywania zadań (mała liczba popełnionych błędów) stosowanie intuicyjnego interfejsu do teleoperacji podwyższa poziom bezpieczeństwa w obszarze pracy robota inspekcyjnego. Wyniki kolejnych badań pokazują, że zastosowanie opracowanego interfejsu „RW” umożliwia symulowanie wykonywania pracy tj. sterowania wirtualną suwnicą uzyskując porównywalną z interfejsem „Std” wydajność operatora przy wysokim poziomie obecności przestrzennej, dzięki ogólnej łatwości użytkowania oraz intuicyjności metody przemieszczania się i komfortu użytkowania. A ogólny wskaźnik

użyteczności systemu wykorzystującego opisywane interfejsy eksploracji wirtualnego środowiska plasuje się w normie, na poziomie przeciętnej i powyżej przeciętnej. Oznacza to, że uczestnicy symulacji uważają wytworzony system wykorzystujący techniki rzeczywistości wirtualnej za użyteczny.

Reasumując w przypadku interfejsu teleoperacji postawioną hipotezę nr 1 przyjmuję za prawdziwą natomiast w przypadku interfejsu sterowania suwnicą hipotezę nr 1 należy odrzucić. Dla badanych interfejsów sterowania manipulatorem hipoteza nr 2 jest prawdziwa. Jak wynika z przeprowadzonych badań zastosowanie naturalnych interfejsów do interakcji w immersyjnych technikach rzeczywistości wirtualnej stosowanych w aplikacjach szkoleniowych zapewnia tworzenie użytecznych form szkolenia, tym samym hipoteza nr 3 jest prawdziwa.