

Rozprawa doktorska nt.

Techniki rzeczywistości wirtualnej, relacyjne bazy danych i techniki obiektowe w budowie i wykorzystaniu symulatorów maszyn

Autor: mgr inż. Dariusz Kalwasiński

Promotor: dr hab. inż. Witold Marowski

Promotor pomocniczy: dr inż. Daniel Podgórski

STRESZCZENIE

Analiza literatury przedmiotu oraz własne doświadczenia autora jednoznacznie wskazują na korzystny wpływ stosowania symulatorów na jakość i efekty szkoleń użytkowników maszyn, m. in. dzięki możliwości rozszerzenia ich programów o ćwiczenie reakcji na sytuacje potencjalnie niebezpieczne. Ograniczeniami w stosowaniu symulatorów mogą być zarówno koszty ich zakupu, jak i niedostępność na rynku produktów dostosowanych do konkretnych wymagań programowych. Rozwiązaniem może być wówczas zaprojektowanie i zbudowanie symulatora we własnym zakresie oraz stworzenie oprogramowania wspomagającego analizę efektów posługiwania się nim przez uczestników szkoleń. Tematyce tej poświęcona jest niniejsza rozprawa.

W treści rozprawy sformułowano ogólne wskazania metodyczne (poparte doświadczeniem) pozwalające krok po kroku, od momentu rozpoczęcia projektu aż do jego zakończenia, prześledzić proces budowy symulatora i opracowania relacyjnej bazy danych i jej aplikacji umożliwiającej rejestrowanie danych z procesów symulacji oraz ich późniejszą analizę. Omówione wskazania zilustrowano przykładami rozwiązań wykorzystanych przy opracowywaniu symulatorów suwnicy i tokarki, modyfikacji symulatora podnośnikowego wózka jezdniowego oraz przy tworzeniu relacyjnego modelu struktury informacji związanej z prowadzeniem szkoleń operatorów maszyn przy użyciu takich symulatorów.

Wskazania metodyczne objęły cztery główne obszary (etapy) budowy symulatora lub aplikacji, czyli organizację pracy, zaprojektowanie produktu, jego wykonanie oraz weryfikację prawidłowości funkcjonowania. W obszarze pierwszym, „organizacyjnym”, identyfikowane są zasoby organizacyjne i ludzkie oraz składowe realizowanego projektu w kontekście przyjętego celu głównego. Działania prowadzone w tym etapie pozwalają również na wstępne oszacowanie kosztu realizacji poszczególnych zadań i całego projektu. W obszarze drugim, „projektowym”, prezentowane są sposoby wykonania poszczególnych zadań wpływających na realizację projektu. Na tym etapie ważne jest zgromadzenie odpowiedniej wiedzy, pozwalającej na właściwe zaprojektowanie scenariusza procesu symulacji, tak aby obejmował on realne zagadnienia i problemy związane z obsługą maszyny. Zgromadzona wiedza umożliwia również sformułowanie założeń do projektu oraz określenie działań, które należy wykonać, aby uzyskać satysfakcjonujący efekt. W trzecim obszarze, „wykonawczym”, prezentowane są działania, mające na celu opracowanie produktu zgodnie z przyjętymi założeniami i określonym scenariuszem. Czwarty obszar to weryfikacja przeprowadzonych działań, czyli sprawdzenie gotowego produktu lub wyniku zrealizowanego projektu pod względem zgodności z celem głównym. Na bazie tak sformułowanych wskazań metodycznych opracowano symulator suwnicy pomostowej sterowanej z poziomu kabiny i symulator tokarki kombinowanej (tokarko-frezarko-wiertarki) oraz stworzono relacyjną bazę danych i jej aplikację przeznaczoną do wspomagania analiz wyników szkoleń. Opracowane produkty poddano weryfikacji w aspekcie ich funkcjonalności i użyteczności, w której udział wzięło 71 uczestników.

Weryfikacja związana z symulatorem suwnicy miała na celu określenie, która z jego wersji, stacjonarna czy przenośna, ma większy wpływ na realizm prowadzenia symulacji oraz która z nich jest lepszym narzędziem do wspomagania szkolenia operatorów suwnic. Badania wykazały, że obsługa wersji przenośnej, wyposażonej w gogle VR, umożliwia odczuwanie większego realizmu prowadzenia symulacji, niż przy wykorzystaniu symulatora w wersji stacjonarnej, gdzie ekrany rozmieszczono w technologii SEMI-CAVE. Wynik ten potwierdzono również podczas prowadzenia oceny użyteczności symulatora w obu wersjach oraz w szkoleniu pilotażowym przeprowadzonym w ośrodku szkoleniowym poza Centralnym Instytutem Ochrony Pracy.

Weryfikacja symulatora tokarki miała na celu porównanie dwóch metod symulowania wrażenia dotyku, za pomocą których można prowadzić interakcję z elementami sterowniczymi i z obiektami środowiska rzeczywistości wirtualnej. Pierwsza z nich umożliwia odczuwanie wirtualnych elementów sterowniczych i operowanie nimi za pomocą elementów rzeczywistych, zaś druga pozwala na odczuwanie wirtualnych elementów sterowniczych i operowanie nimi w środowisku wirtualnym przy pomocy rękawicy VR z siłowym sprzężeniem zwrotnym, bez konieczności stosowania rzeczywistych elementów sterowniczych. Dla potrzeb tych badań opracowano rękawicę VR, która pozwala użytkownikom na odczuwanie wrażenia dotykania wirtualnych obiektów (w tym wirtualnych elementów sterowniczych) podczas ich obejmowania i operowania nimi w środowisku wirtualnym. Przeprowadzone badania wykazały, że obie metody dają duży realizm i precyzję prowadzenia symulacji użytkownika wirtualnych maszyn, jednakże w ocenie respondentów uczestniczących w badaniu metoda symulowania wrażenia dotyku wykorzystująca rękawicę VR z siłowym sprzężeniem zwrotnym ma większy wpływ na realizm prowadzenia symulacji obsługi wirtualnej maszyny, w tym na operowanie elementami sterowniczymi, zwiększając również precyzję i skracając czas wykonania zadań sterowniczych na symulatorze.

W pracy przedstawiono również wyniki weryfikacji wspomnianej uprzednio relacyjnej bazy danych i jej aplikacji. Weryfikacja miała na celu sprawdzenie funkcjonalności i możliwości wspomagania instruktorów nadzorujących proces szkolenia z użyciem symulatora w zakresie analizy błędów popełnianych przez jego uczestników. Poddana weryfikacji aplikacja pozwala na rejestrowanie i przechowywanie danych z przebiegu procesów symulacji prowadzonej na symulatorze oraz ich późniejszą analizę w zakresie porównania i oceny procesów szkoleniowych w odniesieniu do różnych sesji wykonanych przez użytkownika na symulatorze. Pozwala ona również uzyskać informacje statystyczne, np. w aspekcie liczby przeprowadzonych sesji, liczby zaistniałych sytuacji niebezpiecznych lub błędów popełnionych przez użytkowników w poszczególnych lub we wszystkich sesjach szkoleniowych w odniesieniu do sesji realizowanych o różnych porach dnia itp. Przeprowadzona weryfikacja wykazała, że opracowana aplikacja jest funkcjonalnym i łatwym w obsłudze narzędziem do przechowywania informacji z procesu symulacji i prowadzenia analizy zebranych danych. Może ona także być użytecznym narzędziem wspomagającym pracę instruktora nadzorującego proces szkolenia prowadzony z wykorzystaniem symulatora w aspekcie analizy błędów popełnianych przez uczestników szkolenia, czy też weryfikacji ich umiejętności i postępów w szkoleniu.

Przeprowadzone badania wykazały, że wykonane na podstawie sformułowanych w rozprawie wskazań metodycznych symulatory wykorzystujące technikę rzeczywistości wirtualnej są dobrym narzędziem do wspomagania procesu szkolenia, zaś stworzona relacyjna baza danych i jej aplikacja pozwalają na wprowadzenie dodatkowych elementów analizy, takich jak np. weryfikacja i ocena przeprowadzonych procesów szkolenia, poznawanie cech psychofizycznych poszczególnych pracowników, czy też monitorowanie ich postępów. Należy jednak nadmienić, że w obecnych realiach symulatory i aplikacje komputerowe mogą wspomagać proces szkoleniowy, rozszerzać jego zakres, lecz nie zastąpią tradycyjnego szkolenia, związanego z obsługą maszyny.