

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Projekt nr IV.PB.08

*pt. Opracowanie interaktywnych symulacji szkoleniowych procesu zarządzania sytuacjami kryzysowymi w zakładach pracy na przykładzie obiektów infrastruktury krytycznej*

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autor: dr hab. inż. Andrzej Grabowski

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
Warszawa 2022

**CIOP**  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa  
tel. (48-22) 623 36 98, [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl)

## ***WSKAZÓWKI DOTYCZĄCE PRZYGOTOWYWANIA GIER SYMULACYJNYCH DLA PROJEKTANTÓW APLIKACJI SZKOLENIOWYCH WYKORZYSTUJĄCYCH TECHNIKI RZECZYWISTOŚCI WIRTUALNEJ***

Podstawą użytecznego narzędzia szkoleniowego realizowanego w rzeczywistości wirtualnej (ang. *Virtual Reality*, VR) jest przygotowanie adekwatnego scenariusza umożliwiającego optymalne wykorzystanie technologii. Scenariusz ten powinien być przygotowany w porozumieniu z ekspertami merytorycznymi w danej dziedzinie oraz końcowymi użytkownikami, tak aby najlepiej jak to możliwe uwzględnić zakres wiedzy i umiejętności niezbędny do przekazania jak i potrzeby danej branży. Scenariusz powinien być w pełni zgodny z aktualnymi procedurami i standardami postępowania w czasie sytuacji objętej szkoleniem, tak aby był przydatny i wiarygodny dla osób szkolonych z wykorzystaniem rzeczywistości wirtualnej.

Przygotowanie aplikacji szkoleniowej powinno być skoncentrowane na następujących aspektach:

- zaangażowanie uwagi,
- użyteczność,
- poziom akceptacji technologii,
- obciążenie procesem szkolenia i stosowaniem specyficznego dla VR interfejsu człowiek-komputer, w tym wywoływanie objawów tzw. choroby symulatorowej.

**Zaangażowanie uwagi.** Z punktu widzenia szkolenia bardzo ważny jest wskaźnik zaangażowania uwagi, gdyż tylko wtedy gdy zaangażowanie uwagi jest wysokie możliwy jest skuteczny i efektywny transfer wiedzy i umiejętności. Niezaangażowany uczestnik szkolenia nie przyswaja wydajnie prezentowanych informacji. Z tego względu symulacje powinny być projektowane z myślą o tym, aby wartość tego wskaźnika była możliwie duża. Zaangażowanie uwagi jest powiązane z wartością wskaźnika opisującego możliwe akcje (działania) w ramach odczuwanego realizmu symulacji i poczucia obecności przestrzennej (do pomiaru tych wskaźników służy kwestionariusz SPQ – *Spatial Presence Questionnaire*). W celu uzyskania wartości bliskiej wartości maksymalnej należy tak przygotować scenariusze szkoleniowe wraz z ich implementacją w VR, aby umożliwić osobie szkolonej na szeroki zakres działań w kontekście zadań związanych z tematem szkolenia (np. utrzymaniem ciągłości funkcjonowania obiektu Infrastruktury Krytycznej). Innymi słowy symulacja szkoleniowa

powinna zostać przygotowana w sposób umożliwiający szerokie spektrum działań i wykonywania różnorodnych zadań, co zwykle jest efektem nakładu pracy poświęconego na implementację szerokiego spektrum typów interakcji z elementami środowiska wirtualnego.

Z tego względu do symulacji szkoleniowej funkcjonowania obiektu Infrastruktury Krytycznej warto dodać szerokie spektrum możliwości wzajemnego oddziaływania środowiska VR i uczestnika symulacji. Z jednej strony osoba szkolona ma dostęp do wizualizacji wielu różnych źródeł danych (np. wskazania czujników, telemetria, sygnały alarmowe, rozmowa z pracownikami telefoniczna lub bezpośrednia, obraz z monitoringu lub bezpośrednia wizja lokalna w pomieszczeniach, gdzie doszło do uszkodzenia lub niewłaściwego funkcjonowania komponentów obiektu IK), a z drugiej ma do dyspozycji szeroką gamę możliwości wpływania na stan środowiska wirtualnego (np. włączanie/wyłączanie maszyn, wydawanie poleceń współpracownikom bezpośrednio lub telefonicznie, zgłaszanie informacji o cyberataku, udzielanie pomocy poszkodowanym, osobista weryfikacja stanu maszyn a nawet ich konserwacja/naprawa lub współpraca z funkcjonariuszami Straży Pożarnej w celu neutralizacji skutków awarii).

Ważne jest też aby symulacja była dynamiczna. Skala czasowa nie może dopowiadać rzeczywistej – tempo wydarzeń musi być przyspieszone, tak aby osoba szkolenia nie odczuwała znudzenia. Zwiększeniu zaangażowania sprzyja wykorzystanie możliwości interfejsu VR, czyli możliwość śledzenia ruchów dłoni. Nawet jeżeli celem jest przekazanie wiedzy teoretycznej powinno być to w miarę możliwości wzbogacone o aktywność fizyczną, można np. dodać dodatkowe elementy i zadania, które nawet jeżeli nie występują na symulowanym stanowisku pracy, są w jakiś sposób powiązane z symulowanym procesem pracy. Ciekawym przykładem może być prowadzenie manualnych napraw urządzeń w sposób uproszczony, przypominający minigrę, nawet jeżeli w rzeczywistości osoba szkolona tylko zleca wykonanie tych zadań swoim podwładnym. Korzyści z takiego podejścia są podwójne, nie dość, że umożliwia to zwiększenie zaangażowania i zainteresowania to pozwala na przekazanie dodatkowych informacji o funkcjonowaniu przedsiębiorstwa, które będą lepiej zapamiętane dzięki skojarzeniu ich z różnymi aspektami procesów zachodzących w obiekcie Infrastruktury Krytycznej (pamięć ludzka jest pamięcią asocjacyjną, czyli skojarzeniową i im więcej powiązań, skojarzeń z daną informacją tym większe prawdopodobieństwo zapamiętania i szybkiego utworzenia tej wiedzy).

Zwiększenie zaangażowania uwagi i podniesienie satysfakcji z udziału w symulacji sprzyja szybkie przedstawienie pozytywnych efektów wykonanych działań. Przykładem może być manualna naprawa pomp, po której szybko następuje zmiana wartości zdalnego pomiaru i ponowne

uruchomienie funkcjonowania obiektu infrastruktury krytycznej. Informacje o efektach przekazywane są za pomocą dźwięków i obrazu (wskazań telemetrii). Jeżeli jest to możliwe warto też dodać informację tekstową wyjaśniającą dlaczego uzyskano właściwy (pożądany) efekt, co ma również wartość edukacyjną (pogłębienie zrozumienia symulowanego procesu).

**Obciążenie procesem szkolenia.** Symulacja szkoleniowa VR zostanie przygotowana w sposób prawidłowy, gdy interfejs i zastosowane rozwiązania w zakresie sprzętowym i programowym nie powodują istotnego obciążenia, zwłaszcza psychicznego (obciążenie można zmierzyć za pomocą opracowanego w NASA kwestionariusza NASA TLX). Niskie obciążenie sprzyja zapamiętywaniu informacji i zdobywaniu umiejętności przez osoby szkolone. Należy podkreślić, że osoby nadmiernie obciążone samym procesem szkolenia, w tym osoby sfrustrowane, nie mają wystarczająco dużo zasobów, zwłaszcza zasobów poznawczych, oraz chęci by skoncentrować się na merytoryczne treści szkolenia i efektywnie pozyskiwać nową wiedzę i umiejętności.

Podobnie jak w przypadku obciążenia, wysoki poziom stresu spowodowany przez proces szkolenia (w tym np. zastosowany interfejs człowiek-komputer) negatywnie wpływa na proces zapamiętywania informacji. Należy podkreślić, że właściwie dobrane narzędzia nie mierzą stresu indukowanego celowo, czyli wynikające z zagadnień merytorycznych zadań wykonywanych w trakcie symulacji – tego typu stres ma w przypadku niektórych typów szkoleń (zwłaszcza dla funkcjonariuszy służb mundurowych) duże znaczenie, gdyż zwiększają realizm symulacji (funkcjonariusze służb mundurowych działają często w sytuacji obciążenia stresem), ale stres ten nie powinien być wywoływany przez sam proces szkolenia, np. przez niewłaściwie dobrany interfejs człowiek-komputer (np. zastosowanie przewodów mogłoby wywoływać obawę o zaplątanie się w nie i przewrócenie, co nie jest źródłem stresu związanego z merytoryczną treścią wykonywanych w trakcie symulacji zadań).

Od strony sprzętowej najlepiej wykorzystać gogle VR z bezprzewodowym przesyłaniem obrazu lub wersje gogli wyposażoną w wbudowany komputer umożliwiający przygotowanie treści środowiska wirtualnego. Przykładem takich gogli jest urządzenie Meta Quest 2.

Od strony programowej należy unikać drobiazgowego odtwarzania prostych czynności manualnych, zwłaszcza wymagających dużej precyzji. Bez poprawnie zrealizowanego siłowego sprzężenia zwrotnego wpłynie to negatywnie na postrzeganie symulacji szkoleniowej i niepotrzebnie będzie podnosić poziom frustracji, a co za tym idzie poziom obciążenia psychicznego. Realizowane zadania muszą być odtworzone w sposób jak najbardziej uproszczony, tak aby zachować informacje o prawidłowej sekwencji zdarzeń i wskazania prawidłowych ciągów przyczynowo skutkowych.

Uproszczonym przykładem może być wkręcanie śruby – zmuszanie użytkownika do obracania śrubą spowoduje tylko jego poirytowanie (zwłaszcza jeżeli to zadanie będzie wykonywane wielokrotnie). Lepszym rozwiązaniem jest pokazanie efektu procesu zainicjowanego przez osobę szkoloną, np. wyświetlanie animacji wkręcającej się śruby po dotknięciu jej przez osobę szkoloną.

Nadmierne obciążenie psychiczne może wywoływać zbyt duża presja czasu (symulacja szkoleniowa nie jest grą zręcznościową) lub zbyt duże wymagania w zakresie pamięci roboczej (pamięci krótkotrwałej). W czasie trwania symulacji użytkownik powinien być wspomagany przez rozmieszczone w środowisku wirtualnym wskazówki i podpowiedzi (np. podświetlenie uszkodzonego elementu maszyny). Osoba szkolona powinna mieć łatwy dostęp do wskaźników i odczytów (np. telemetrii). Tarcze wskaźników i cyfry powinny być powiększone, aby skompensować negatywny wpływ ograniczonej rozdzielczości gogli VR i często występujących trudności z ustawieniem dobrej ostrości obrazu. Dobrym rozwiązaniem jest też zastosowanie dużego i wyświetlanego tylko przez chwilę pomocniczego ekranu w środowisku wirtualnym pokazującym np. wyniki pomiarów aktualnie używanego urządzenia pomiarowego.

**Użyteczność.** Z punktu widzenia praktycznego wdrożenia opracowanych symulacji szkoleniowych istotne znacznie ma subiektywna ocena użyteczności. Ocenę użyteczności można przeprowadzić za pomocą kwestionariusza *System Usability Scale* (SUS). Uzyskanie wysokiej użyteczności jest łatwiejsze gdy symulacja szkoleniowa angażuje uwagę, a sam proces szkolenia nie jest nadmiernie obciążający, dlatego w pierwszej kolejności należy uwzględnić opisane powyżej wskazówki.

Symulacja szkoleniowa nie powinna być nadmiernie skomplikowana – sugerowane jest uproszczenie procesów zachodzących na stanowisku pracy bez szczegółowego odtwarzania czynności manualnych.

Symulator szkoleniowy powinien być łatwy w użyciu – interfejs powinien być jak najprostsz, co prawda sam symulacja powinna dawać dużą swobodę działań, ale powinno to być ograniczone do co najwyżej kilku schematów, np. aktywacja urządzeń/procesów poprzez zwykłe dotknięcie i przenoszenie obiektów w dłoni. Symulacja szkoleniowa nie powinna wymagać szkolenia w zakresie jej obsługi i pomocy osoby prowadzącej szkolenie – wszystkie wskazówki powinny być zawarte w aplikacji. Użytkownik nie powinien być w sytuacji, w której nie wie czego oczekuje od niego program, dlatego możliwie często należy stosować podpowiedzi np. w formie propozycji kilku działań, z których tylko jedno jest prawidłowe.

Symulacja szkoleniowa powinna być spójna i wiarygodna, z tego względu konieczna jest ścisła współpraca z ekspertami merytorycznymi w danej dziedzinie. Dzięki temu też poszczególne części symulacji będą bardziej funkcjonalne, gdyż oparte na rzeczywistych zdarzeniach, procesach i narzędziach. Cała opowieść w ramach scenariusza musi opierać się na logicznych ciągach przyczynowo skutkowych. Użytkownik powinien wiedzieć dlaczego wystąpiły pewne zdarzenia (możliwe, że konieczne będzie dodanie wyjaśnień w formie tekstowej, które mają dodatkową wartość edukacyjną lub wyświetlenie obrazu z kamer zainstalowanych w miejscu do którego użytkownik nie ma dostępu tak aby poprawnie wprowadzić osobę szkoloną w aktualną sytuację i stan obiektu Infrastruktury Krytycznej). Konieczne też jest natychmiastowe zwizualizowanie efektów działań wykonanych przez użytkownika, tak aby miał pewność, że jego działania zostało zrozumiane przez program i nie musiał powtarzać tej samej czynności wielokrotnie tylko dlatego, że nie ma pewności czy poprawnie używa interfejsu człowiek-komputer.

**Akceptacja technologii.** Na możliwości praktycznego wdrożenia wpływa też poziom akceptacji technologii przez użytkowników. Nawet najbardziej zaawansowane technologicznie rozwiązania nie będą przyjęte i chętnie używane przez końcowych odbiorców jeżeli poziom akceptacji technologii będzie niski. Pomiar poziomu akceptacji technologii można wykonać za pomocą kwestionariusza Technology Acceptance Model (TAM) składającego się z następujących wskaźników: zamiar używania, postrzegana użyteczność, postrzegana łatwość w obsłudze, subiektywne normy oraz adekwatność. Z punktu widzenia praktycznego wdrożenia największe znaczenie mają pierwsze trzy składowe, zwłaszcza ocena zamiaru używania i subiektywnej użyteczności.

Uzyskane wyników bliskich wartości maksymalnej wskazuje, że symulacja szkoleniowa została przygotowana w sposób prawidłowy. Jeżeli akceptacja technologii jest na wysokim poziomie, powinno to ułatwić wdrożenie wśród końcowych użytkowników. Istotna jest zwłaszcza wartość wskaźników określających zamiar używania i postrzeganą użyteczność. Uzyskanie wartości powyżej 80% wskazuje to, że końcowi użytkownicy w zdecydowanej większości powinni chętnie korzystać z opracowanych symulacji szkoleniowych VR.

Na poziom akceptacji technologii wpływa zastosowany sprzęt oraz interfejs wewnątrz symulacji szkoleniowej. Od strony sprzętowej rekomendowane jest zastosowanie ergonomicznych gogli z opcją bezprzewodowego przesyłania obrazu. Od strony oprogramowania komputerowego ważne jest uwzględnienie uwag i wskazówek dotyczących zaangażowania użytkownika, obciążenia procesem szkolenia i subiektywnie postrzeganą użytecznością.

Technologia nie zostanie zaakceptowana jeżeli będzie trudna w użyciu i niewygodna. Obsługa symulacji szkoleniowej powinna być jasna i zrozumiała. Nie powinna wymagać zbyt wiele wysiłku umysłowego. Użytkownik powinien mieć przekonanie, że może łatwo ćwiczyć (szkolić się) korzystając z symulacji szkoleniowej w rzeczywistości wirtualnej. Zastosowany interfejs powinien być jak najprostszy i transparentny – osoba szkolona musi być skoncentrowana na merytorycznych zadaniach związanych z symulowanym procesem, a nie na obsłudze interfejsu (zagadnienia te zostały opisane wcześniej).

Osoba szkolona powinna mieć jak najsilniejsze przekonanie, że używanie symulacji szkoleniowych może poprawić jej funkcjonowanie i efektywność w pracy (po odbyciu szkolenia). By to osiągnąć scenariusz musi być tak przygotowany aby był jak najlepiej powiązany z funkcjonowaniem w pracy, czyli dotyczyć możliwych (i dostatecznie prawdopodobnych) do wystąpienia zdarzeń na miejscu pracy oraz zadań powiązanych z zakresem obowiązków osoby szkolonej.

**Choroba symulatorowa.** Objawy choroby symulatorowej najczęściej pojawiają się, gdy występują opóźnienia pomiędzy ruchami głowy a wyświetlanym obrazem. W sytuacji gdy bodźce wzrokowe nie są zgodne z bodźcami z błędnika, mogą pojawić się mdłości. Z tego względu od rozbudowanej treści środowiska wirtualnego ważniejsza jest liczba wyświetlanych klatek na sekundę, która powinna być bliska maksymalnej wartości oferowanej przez wykorzystywany wyświetlacz (np. 90 klatek na sekundę). Stopień rozbudowania obiektów 3D (np. liczba wierzchołków, rozdzielczość i liczba tekstur) powinna być ograniczona, tak by możliwe było osiągnięcie maksymalnej liczby klatek na sekundę na sprzęcie planowanym do wykorzystania w trakcie szkoleń.

Ruch kamery powinien być zawsze zgodny z ruchem głowy osoby zanurzonej w środowisku wirtualnym. Nie wolno animować ruchu kamery np. w celu przeniesienia osoby szkolonej do innego pomieszczenia. Liczba teleportów powinna być maksymalnie ograniczona, a same teleportowanie powinno być natychmiastowe, bez dodatkowych efektów typu wygaszanie obrazu przed przeniesieniem do innego miejsca. Teleportacja powinna następować zawsze na skutek czynności wykonanej przez użytkownika, tak aby nie był zaskoczony zmianą. W danym pomieszczeniu wszystkie obiekty powinny być w zasięgu ruchu i w zasięgu rąk. Należy unikać teleportowania w ramach danego pomieszczenia.

Należy unikać sytuacji, w której użytkownik musi często (i zwłaszcza szybko) obracać głowę. Pomimo tego, że jest możliwość umieszczenia np. zegarów i wyświetlaczy w dowolnym miejscu, lepszym rozwiązaniem jest umieszczenie wszystkich w jednym miejscu (np. na jednej ścianie), tak aby

użytkownik musiał wykonać tylko niewielki ruch głową. W szczególności należy unikać umieszczania elementów za użytkownikiem, gdyż takie obroty zwiększają prawdopodobieństwo występowania objawów choroby symulatorowej.