



Możliwości zastosowania gier symulacyjnych
do szkolenia z zakresu zarządzania sytuacjami awaryjnymi
Materiały informacyjne

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

Wprowadzenie

Zapewnienie prawidłowego funkcjonowania infrastruktury krytycznej stanowi szczególnie istotne zagadnienie dla każdego kraju. Firmy, które są właścicielami obiektów infrastruktury krytycznej na ogół działają w konkurencyjnych i regulowanych środowiskach i muszą równoważyć ryzyko, inwestycje i koszty dla klientów. Chociaż odpowiedzialność za swoich klientów i akcjonariuszy jest niezwykle istotna dla tych firm, osoby zajmujące się zarządzaniem funkcjonowaniem obiektów infrastruktury krytycznej zdają sobie sprawę, że pełne zabezpieczenie infrastruktury przed wszystkimi zagrożeniami i awariami nie jest ani praktyczne (np. ze względu na koszty), ani nawet możliwe (np. ze względu na ograniczenia technologiczne lub możliwość wystąpienia zaplanowanych ataków na obiekt infrastruktury krytycznej). Dla każdego kraju, zapewnienie ciągłości prawidłowego funkcjonowania obiektów infrastruktury krytycznej, a w szczególności dostaw energii elektrycznej, ma kluczowe znaczenie, szczególnie z punktu widzenia potrzeby osiągnięcia i utrzymania celów takich jak: stabilność i wzrost gospodarczy, bezpieczeństwo narodowe, bezpieczeństwo publiczne oraz jakość życia.

Zwiększenie odporności obiektów infrastruktury krytycznej na przypadkowe awarie i ewentualne ataki wymaga od jej właścicieli i operatorów określenia zdolności systemu do wytrzymania określonych zagrożeń, zminimalizowania lub złagodzenia potencjalnych skutków, oraz do powrotu do normalnej pracy, jeśli nastąpi uszkodzenie. Tak więc metodologia oceny odporności tego typu obiektów wymaga kompleksowej oceny systemów i zasobów obiektów infrastruktury krytycznej - od zagrożenia po efekty wystąpienia tych zagrożeń. Metodologia musi wspierać podejmowanie decyzji w zakresie zarządzania ryzykiem, reagowania na awarie, uszkodzenia i katastrofy, a w szczególności wspierać realizację zadań zapewniających ciągłość działania obiektu infrastruktury krytycznej. W szczególności powinny być uwzględnione zasady, procedury i narzędzia związane z prowadzeniem konserwacji oraz usuwania skutków uszkodzeń. Istotne jest też szkolenie osób odpowiedzialnych za utrzymanie ciągłości funkcjonowania obiektu infrastruktury krytycznej, również w przypadku zdarzeń nietypowych lub mało prawdopodobnych, tak aby pracownicy byli dobrze przygotowani na jak najszersze spektrum możliwych zdarzeń. Ponieważ szkolenie bezpośrednio na obiekcie infrastruktury krytycznej może wiązać się z zwiększeniem ryzyka związanego z koniecznością zapewnienia prawidłowego funkcjonowania tego obiektu, wydaje się, że skutecznym i efektywnym narzędziem w tym przypadku mogą być różnego rodzaju symulatory i trenażery bazujące na technikach rzeczywistości wirtualnej.

Zgodnie z art. 3 pkt 2 ustawy o zarządzaniu kryzysowym, infrastruktura krytyczna to systemy i wchodzące w ich skład powiązane ze sobą funkcjonalnie obiekty, w tym obiekty budowlane, urządzenia, instalacje, usługi kluczowe dla bezpieczeństwa państwa i jego obywateli oraz służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania organów administracji publicznej, a także instytucji i przedsiębiorców. Pojęcie Infrastruktury Krytycznej obejmuje systemy:

- zaopatrzenia w energię, surowce energetyczne i paliwa,
- łączności,
- sieci teleinformatycznych,
- finansowe,
- zaopatrzenia w wodę,
- zaopatrzenia w żywność,
- ochrony zdrowia,
- transportowe,
- ratownicze,
- zapewniające ciągłość działania administracji publicznej,
- produkcji, składowania, przechowywania i stosowania substancji chemicznych i promieniotwórczych, w tym rurociągi substancji niebezpiecznych.

Obiekty infrastruktury krytycznej mają podstawowe znaczenie dla funkcjonowania społeczeństwa, a jednocześnie są narażone na różnorodne zagrożenia. Systemy składające się na infrastrukturę krytyczną państwa cechuje coraz większe wzajemne powiązanie i uzależnienie. Nowoczesna i sprawna Infrastruktura Krytyczna odgrywa kluczową rolę w funkcjonowaniu państwa i życiu jego obywateli. W sytuacjach nadzwyczajnych spowodowanych siłami natury lub będących konsekwencją działań człowieka przesądza de facto o jego przetrwaniu.

Zapotrzebowanie polskiej gospodarki na kwalifikacje, umiejętności i kompetencje będzie determinowane przez trendy pojawiające się na rynkach europejskich i światowych, które obecne są także na polskim rynku pracy. Oczekiwania, co do jakości wykształcenia wymaganej od pracowników będą stale wzrastały i będą dotyczyły wszystkich poziomów kształcenia. W związku z tym, zachodzi potrzeba stosowania nowych narzędzi szkoleniowych, w tym bazujących na interaktywnych symulacjach i wirtualnej rzeczywistości, aby proces edukacji lepiej odpowiadał na zapotrzebowania nowoczesnej gospodarki opartej na wiedzy. Narzędzia szkoleniowe opracowane w ramach projektu

będą wspomagać działanie dotyczące wspieranie kształcenia zawodowego kadry obiektów infrastruktury krytycznej.

Wykorzystanie realistycznych symulacji bazujących na technikach rzeczywistości wirtualnej podniesie efektywność i skuteczność tego typu szkoleń, które są realizowane w tym momencie głównie za pomocą tradycyjnych form szkolenia oraz prostych, schematycznych gier komputerowych lub gier RPG (Role Playing Game) bez użycia komputerów.

Efektywność wykorzystania symulacji szkoleniowych w rzeczywistości wirtualnej może być zwiększona poprzez zastosowanie koncepcji grywalizacji (ang. *gamification*). Grywalizacja jest związana z zastosowaniem założeń typowych dla gier komputerowych w celu ułatwienia i przyspieszenia procesu modyfikacji zachowań ludzi w zadaniach, które nie są powiązane z światem elektronicznej rozrywki. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że wdrożenie pewnych koncepcji typowych dla gier w środowisku szkoleniowym poprawia ocenę użyteczności narzędzia szkoleniowego oraz zwiększa zaangażowanie uczestników w proces szkolenia.

Technologia powiązana z grami komputerowymi (np. kontrolery do gier i inny sprzęt dedykowany dla graczy komputerowych), jak również gry komputerowe coraz częściej są stosowane do zastosowań innych niż rozrywka. Wyraźnie wskazuje to coraz większa liczba publikacji naukowych i gotowych produktów dostępnych na rynku dotyczących aplikacji typu *serious games*, czyli oprogramowania przypominającego grę komputerową, lecz używanego w celach badawczych lub szkoleniowych. Wyniki badań naukowych wskazują na istniejący związek pomiędzy graniem w gry komputerowe lub korzystaniem z oprogramowania szkoleniowego wzorowanego na grze komputerowej, a poprawą funkcjonowania poznawczego (np. wzrost w zakresie umiejętności skupienia uwagi). Jak wynika z przeprowadzonych badań korzystanie z gier zręcznościowych typu First Person Shooter (FPS) oraz gier strategicznych czasu rzeczywistego typu RTS (Real Time Strategy) może zauważalnie poprawić uzyskiwane wyniki w testach uwagi wzrokowej. Ponieważ wykazano również możliwość wspomaganie procesu zdobywania nowej wiedzy oraz konsolidacji umiejętności, grywalizacja staje się metodą ułatwiającą budowanie angażującego środowiska szkoleniowego, którego dodatkowymi atutami jest naturalna i ułatwiona współpraca z innymi użytkownikami.

Wyniki wielu publikacji naukowych wskazują, że osoby z doświadczeniem w grach typu FPS i RTS osiągają lepsze wyniki w testach dotyczących pewnych funkcji poznawczych. Dotyczy to zwłaszcza uwagi wzrokowej lub zdolności do przełączania się między zadaniami (co jest szczególnie interesujące w przypadku szkolenia operatorów, którzy byliby odpowiedzialni za zarządzanie pracą wielu zdalnie sterowanych robotów). Przeprowadzone badania eksperymentalne dotyczące wpływu

treningu opartego na grach FPS i RTS wskazują, że możliwe jest uzyskanie zauważalnie lepszych wyników w testach funkcjonowania (np. w zakresie uwagi) nawet po stosunkowo krótkim treningu. Ponadto obserwowana poprawa funkcjonowania poznawczego utrzymuje się przez tygodnie, a w niektórych przypadkach nawet przez miesiące, po zakończeniu stymulacji treningiem. Wpływ interaktywnych symulacji wzorowanych na grach komputerowych ma szerokie spektrum pozytywnego działania na funkcjonowanie osób korzystających z tego typu narzędzi.

Wykorzystanie VR do szkoleń

Narzędzia szkoleniowe bazujące na technikach rzeczywistości wirtualnej umożliwiają wykreowanie wrażenia przebywania w symulowanym miejscu – w tym przypadku w obiekcie Infrastruktury krytycznej. Zwiększenie wrażenia obecności w wirtualnym środowisku umożliwia prezentacja obrazu stereoskopowego oraz wykorzystanie śledzenia położenia oraz orientacji głowy jak i obu dłoni, w których trzymane są bezprzewodowe kontrolery (Rys. 1). Gogle mają wbudowane głośniki co pozwala na użycie w trakcie symulacji stereoskopowego dźwięku. Zastosowanie sprzętu VR daje większe wrażenie poczucia obecności w środowisku wirtualnym w porównaniu do typowych interfejsów człowiek-komputer oraz pozwalają na znacznie bardziej rozbudowane scenariusze interakcji z środowiskiem wirtualnym. Przykładem takich interakcji jest nawet trywialne chwytanie i przenoszenie wirtualnych przedmiotów. Z tych względów narzędzia szkoleniowe VR są z sukcesem wdrażane w coraz większej liczbie branż.

Techniki VR nadają się nie tylko do szkolenia w zakresie właściwej procedury postępowania, ale również do oceny podjętych decyzji i działań. Oprogramowanie, w oparciu o dowolnie zaprojektowany scenariusz szkolenia, może wychwycić wszelkie odstępstwa od obowiązującej procedury i od razu przedstawić osobom szkolonym ich konsekwencje.

Wykorzystanie systemu zanurzeniowej rzeczywistości wirtualnej umożliwia:

- uzyskanie dużego stopnia realizmu symulacji,
- symulację wielu różnych scenariuszy w kontrolowanych warunkach,
- realistyczne przedstawienie osobie szkolonej skutków popełnionych błędów,
- tworzenie zaawansowanych aplikacji szkoleniowych umożliwiających wyrobienie prawidłowych nawyków bez narażenia osób szkolonych na ryzyko.
- przyspieszenie procesu szkolenia,
- zmniejszenie kosztów szkolenia,

- zwiększenie skuteczności szkolenia,
- uatrakcyjnienie formy przebiegu szkolenia,
- sprzyjanie rozwijaniu tzw. pamięci mięśniowej, co korzystnie wpływa na rozwijanie umiejętności sprawnego wykonywania pracy
- umożliwienie przekazania „wiedzy ukrytej” (ang. *tacit knowledge*), czyli wiedzy, która wynika z doświadczenia.



Rys. 1. Gogle rzeczywistości wirtualnej Meta Quest 2 wraz bezprzewodowymi kontrolerami. Gogle umożliwiają bezprzewodowe przesyłanie obrazu środowiska wirtualnego z komputera klasy PC

Cel zrealizowanego projektu

Głównym celem projektu jest opracowanie narzędzi szkoleniowych umożliwiających podniesienie kompetencji kadry zarządzającej funkcjonowaniem przedsiębiorstw, zwłaszcza tych należących do kategorii infrastruktury krytycznej, w zakresie zarządzania sytuacjami awaryjnymi i kryzysowymi z szczególnym uwzględnieniem cyber-bezpieczeństwa, gdyż tego zagrożenia stanowią stosunkowo nową i słabo znaną kategorię zagrożeń. Ze względu na powszechność występowania oraz kluczowe znaczenie na funkcjonowanie wszystkich gałęzi przemysłu i całego Państwa, scenariusze szkoleniowe będą powiązane głównie z funkcjonowaniem zakładów sektora energetycznego z możliwością adaptacji i wykorzystania w innych sektorach, takich jak zaopatrzenie w wodę, transport lub pozostałe gałęzie przemysłu paliwowo-energetycznego.

Szkolenie będzie rozwijało umiejętności dotyczące zarządzania nietypowymi sytuacjami z szczególnym uwzględnieniem m.in. następujących aspektów:

- zwiększenie świadomości (opanowanie nadmiaru informacji, wcześniejsza wiedza o faktycznych zdarzeniach, lepsza świadomość sytuacyjna),
- przyspieszenia reakcji (oszczędność czasu przy reakcji na zdarzenie i raportowaniu, zapobieganie eskalacji zdarzeń, redukcja kosztów operacyjnych),
- efektywniejsze wykorzystanie zasobów (możliwość podziału zadań, efektywna współpraca i komunikacja, lepsze wykorzystanie istniejących systemów),
- redukcja fałszywych alarmów (koncentracja tylko na prawdziwych zdarzeniach, oszczędność kosztu niepotrzebnych działań),
- zapewnienia ciągłości działania przedsiębiorstwa (standaryzacja sposobów reakcji i zachowania przy wystąpieniu różnych zdarzeń, lepsza zgodność faktycznych działań z oczekiwanym sposobem reakcji na zagrożenie).

Opracowane scenariusze szkoleniowe

We wszystkich scenariuszach symulacja dotyczy wcielania się w rolę pracownika obiektu Infrastruktury Krytycznej (IK), podobnie jak to ma miejsce w realizowanych bez pomocy komputera grach symulacyjnych typu RPG stosowanych do ćwiczenia zarządzania sytuacjami kryzysowymi. Jednakże różny jest rodzaj zadań wykonywanych przez uczestnika symulacji. W zależności od scenariusza symulacji osoba szkolona nadzoruje funkcjonowanie obiektu IK lub bierze udział w działaniach mających na celu przywrócenie sprawności obiektu IK oraz neutralizacji skutków awarii.

Trzy scenariusze dotyczące środowisk wirtualnych elektrociepłowni, tłoczni gazu ziemnego i stacji uzdatniania wody dotyczą przede wszystkim utrzymania ciągłości funkcjonowania obiektu IK. Uczestnik symulacji przebywa w centrum sterowania obiektu IK w którym docierają do niego różnorodne informacje o funkcjonowaniu poszczególnych komponentów. Źródłem informacji może być monitoring wideo, wskazania czujników, wyniki pomiarów (np. wskazania przepływomierzy), a także pracownicy obiektu IK. Scenariusz skoncentrowany jest na właściwym postępowaniu w momencie wystąpienia sytuacji wskazującej na możliwe uszkodzenie lub cyberatak. Zadaniem uczestnika symulacji jest szybkie reagowanie na wskazania czujników lub informacje od pracowników, tak aby nie doszło do zatrzymania funkcjonowania obiektu IK. Jest to ważny element szkolenia, gdyż wiele uszkodzeń lub niewłaściwe funkcjonowanie komponentów IK wynika z błędów w zarządzaniu, zaniedbań lub niewłaściwie realizowanej konserwacji. Kolejnym atutem symulacji jest wskazanie w części szkoleniowej możliwych przyczyn a także skutków występującej sytuacji a także przedstawienie przebiegu procesu reagowania na niewłaściwie działającą teletetrię, np. weryfikowanie wskazań poprzez użycie ręcznych urządzeń pomiarowych lub wizję lokalną w różnych punktach obiektu IK. Uczestnik symulacji ma także możliwość wydawania poleceń różnym pracownikom obiektu IK.

Innego rodzaju podejście jest zastosowane w przypadku pięciu wariantów scenariusza dotyczącego elektrowni. Symulacja ma wtedy bardziej dynamiczny charakter i dotyczy prowadzenia działań przez jednego z pracowników, który znajdował się na terenie obiektu IK w trakcie wystąpienia awarii. Zadaniem uczestnika symulacji mającego możliwość swobodnego przemieszczanie się po obiekcie IK jest prowadzenie działań mających na celu ocenę skutków awarii, zabezpieczenie poszczególnych komponentów obiektu IK, neutralizację zagrożeń oraz pomoc poszkodowanym. Są to typowe działania niezbędne do przeprowadzenia w sytuacji, gdy konieczne jest przywrócenie sprawności działania obiektu IK. Upraszczając można powiedzieć, że ten scenariusz ma charakter działań „taktycznych”, w przeciwieństwie do poprzednich scenariuszy, dla których dominujący był charakter działań na poziomie „strategicznym”.



Rys. 2. Fragment jednego z pomieszczeń wewnętrznych środowiska wirtualnego elektrociepłowni (u góry) oraz fragment środowiska wirtualnego tłoczni gazu (na dole)



Rys. 3. Fragment jednego z pomieszczeń wewnętrznych środowiska wirtualnego stacji uzdatniania wody (u góry) oraz fragment środowiska wirtualnego elektrowni (na dole)

Najważniejsze wyniki szkoleń pilotażowych z udziałem ekspertów w dziedzinie IK

W czasie trwania projektu przeprowadzono szkolenia pilotażowe z udziałem 20 ekspertów w dziedzinie Infrastruktury Krytycznej. Oprócz podniesienia kompetencji kadry IK dodatkowym celem tych szkoleń była ocena opracowanych narzędzi szkoleniowych.

Ocenie podlegały następujące aspekty symulacji szkoleniowej w środowisku wirtualnym:

- Wywoływanie objawów tzw. choroby symulatorowej
- Poziom realizmu symulacji
- Obciążenie procesem szkolenia
- Użyteczność
- Poziom Akceptacji Technologii

Wyniki dotyczące wpływu symulacji szkoleniowej na pojawienie się objawów tzw. choroby symulatorowej uzyskano wykorzystując kwestionariusz Simulator Sickness Questionnaire (SSQ), który był wypełniony przed i zaraz po symulacji szkoleniowej w środowisku VR. Wartości przed i po ekspozycji na działanie środowiska VR są bardzo zbliżone do siebie, a nawet wartość po kontakcie z VR jest nieznacznie mniejsza. Ponadto wartość po symulacji jest bardzo mała, nieznacznie (o 17%) większa od wartości minimalnej. Uzyskany wynik wyraźnie wskazuje, że symulacja szkoleniowa w środowisku wirtualnym została przygotowana w sposób prawidłowy i nie powoduje negatywnych efektów związanych z tzw. chorobą symulatorową, pomimo tego, że uczestnicy brali udział w kilku symulacjach szkoleniowych dla kilku różnych obiektów Infrastruktury Krytycznej.

Kolejnym narzędziem badawczym był kwestionariusz SPQ (Spatial Presence Questionnaire) służącym do pomiaru poziomu obecności przestrzennej powiązanej z realizmem symulacji składający się z kilku wskaźników. Z punktu widzenia szkolenia najważniejszy jest wskaźnik zaangażowanie uwagi, gdyż tylko wtedy gdy zaangażowanie uwagi jest wysokie, możliwy jest skuteczny i efektywny transfer wiedzy i umiejętności. Nie zaangażowany uczestnik szkolenie nie przyswaja wydajnie prezentowanych informacji. Z tego względu symulacje były projektowane z myślą o tym, aby wartość tego wskaźnika była możliwie duża. Uzyskane wyniki potwierdzają, że to się udało, gdyż najwyższy wynik, aż 89% wartości maksymalnej, został uzyskany właśnie dla wskaźnika zaangażowanie uwagi. Wysoka wartość wskaźnika Obecność przestrzenna: Możliwe akcje, 86% wartości maksymalnej, wyraźnie pokazuje, że scenariusze szkoleniowe oraz ich implementacja w VR umożliwiają osobie szkolonej na szeroki zakres działań w kontekście zadań związanych z utrzymaniem ciągłości

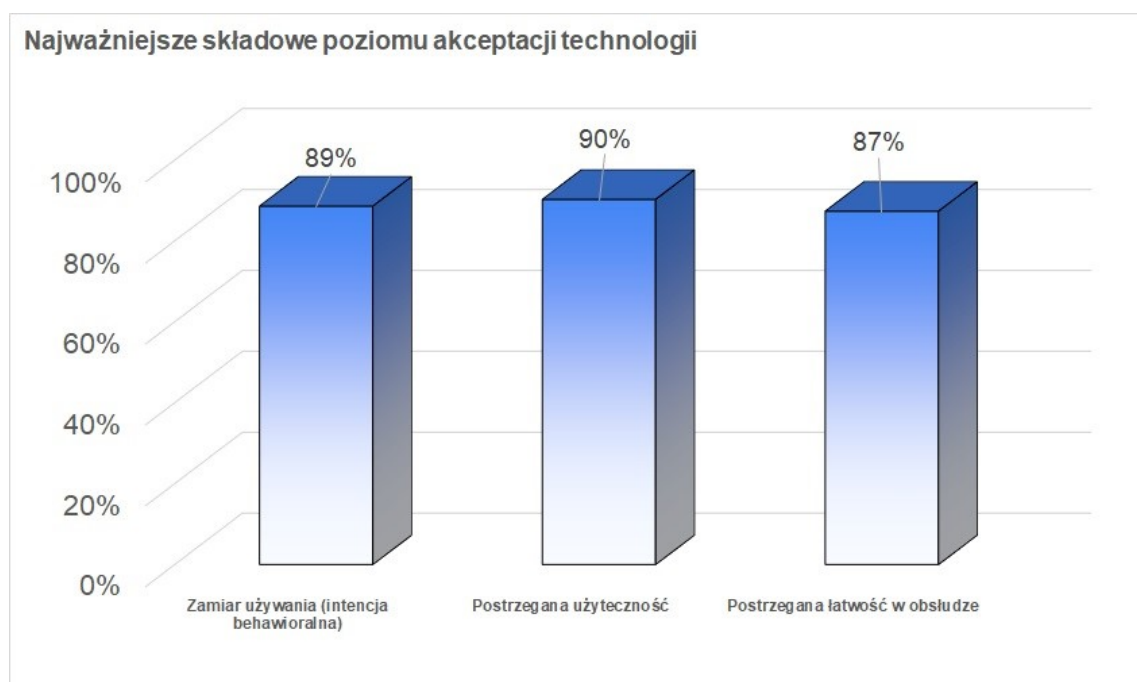
funkcjonowania obiektu IK. Innymi słowy symulacja szkoleniowa została przygotowana w sposób umożliwiający szerokie spektrum działań i wykonywani różnorodnych zadań, co wynika z nakładu pracy poświęconego na implementację szerokiego spektrum typów interakcji z elementami środowiska wirtualnego.

Do pomiaru obciążenia związanego z szkoleniem w trakcie interaktywnej symulacji VR wykorzystano opracowany przez NASA kwestionariusz Task Load index (NASA TLX). Średnia wartość obciążenia jest stosunkowo niska, gdyż wynosi tylko 25% wartości maksymalnej. Taką samą wartość ma obciążenie fizyczne. Mniejsze od wartości średniej były wartości dla wskaźników określających presję czasu, wysiłek oraz obciążenie psychiczne. Najmniejszą wartość ma wskaźnik obciążenie psychiczne (16% wartości maksymalnej). Uzyskane wyniki w zakresie obciążenia procesem szkolenia wyraźnie wskazują, że symulacja szkoleniowa VR została przygotowana w sposób prawidłowy, tzn. sam interfejs i zastosowane rozwiązania w zakresie sprzętowym i programowym nie powodują istotnego obciążenia, zwłaszcza psychicznego. Jest to wynik pozytywny, gdyż 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.

Z punktu widzenia praktycznego wdrożenia opracowanych symulacji szkoleniowych istotne znacznie ma subiektywna ocena użyteczności. Ocenę użyteczności przeprowadzono za pomocą kwestionariusza System Usability Scale (SUS). Na podstawie odpowiedzi na 10 pytań wyznaczana jest subiektywna ocena użyteczności w skali do 0 (minimalna użyteczność) do 100 (maksymalna użyteczność). Uzyskana wartość 80.6 (81% wartości maksymalnej) pokazuje, że system VR został uznany przez użytkowników za użyteczny. Według danych z 206 badań przedstawionych w (*Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. International Journal Of Human-Computer Interaction, 24(6), 574-594. doi:10.1080/10447310802205776*) mediana wartości SUS wynosi 70,91 (użyteczność opracowanej symulacji szkoleniowej jest wyższa niż dla większości innych systemów). Zgodnie z wynikami badań przeglądowych czwarty kwartał jest w zakresie od 78,51 do 93,93. Uzyskany wynik mieści się w tym zakresie. Według danych statystycznych wyższy wynik uzyskano tylko w 12% badań. Wskazuje to, że oceniana przez ekspertów użyteczność opracowanego systemu VR jest bardzo wysoka.

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 zrealizowano 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 wyniki ilustruje rys. 4. Średnia wartość TAM jest wysoka i wynosi 81% wartości maksymalnej. Najwyższe wartości uzyskano dla składowych najbardziej istotnych z punktu widzenia wdrożenia i przyjęcia produktu przez końcowych użytkowników. W kolejności od największej wartości są to: postrzegana użyteczność (90% wartości maksymalnej), zamiar używania (89% wartości maksymalnej) oraz łatwość w obsłudze (87% wartości maksymalnej). Wynik postrzeganej użyteczności w kontekście akceptacji technologii jest nawet wyższy niż poziom użyteczności za pomocą kwestionariusza SUS. Uzyskane wyniki wskazują, że aplikacja została przygotowana w sposób prawidłowy, gdyż akceptacja technologii jest na wysokim poziomie, co powinno ułatwić wdrożenie wśród końcowych użytkowników. Istotny jest zwłaszcza bardzo wysoki wynik dla wskaźników określających zamiar używania i postrzeganą użyteczność (około 90% wartości maksymalnej). Wskazuje to, że końcowi użytkownicy w zdecydowanej większości powinni chętnie korzystać z opracowanych symulacji szkoleniowych VR.



Podsumowanie

W ramach realizacji projektu opracowano narzędzie szkoleniowe zawierające zestaw symulacji szkoleniowych w rzeczywistości wirtualnej dla kilku różnych typów obiektów Infrastruktury Krytycznej. Scenariusze mają charakter działań na poziomie „strategicznym” lub działań „taktycznych”. W pierwszym przypadku głównym zadaniem osoby szkolonej jest zachowanie ciągłości funkcjonowania obiektu IK, w drugim przywrócenie funkcjonowania obiektu IK po awarii. Utrzymanie ciągłości funkcjonowania obiektu IK dotyczą scenariusze realizowane w środowiskach wirtualnych elektrociepłowni, tłoczni gazu ziemnego i stacji uzdatniania wody. Uczestnik symulacji przebywa w centrum sterowania obiektu IK w którym docierają do niego różnorodne informacje o funkcjonowaniu poszczególnych komponentów. Scenariusz skoncentrowany jest na właściwym postępowaniu w momencie wystąpienia sytuacji wskazującej na możliwe uszkodzenie lub cyberatak. Jest to ważny element szkolenia, gdyż wiele uszkodzeń lub niewłaściwe funkcjonowanie komponentów IK wynika z błędów w zarządzaniu, zaniedbań lub niewłaściwie realizowanej konserwacji. Kolejnym atutem symulacji jest wskazanie w części szkoleniowej możliwych przyczyn a także skutków występującej sytuacji a także przedstawienie przebiegu procesu reagowania na niewłaściwie działającą telemetrię. Innego rodzaju podejście jest zastosowane w przypadku pięciu wariantów scenariusza dotyczącego elektrowni. Symulacja ma wtedy bardziej dynamiczny charakter i dotyczy prowadzenia działań przez jednego z pracowników, który znajdował się na terenie obiektu IK w trakcie wystąpienia awarii. Zadaniem uczestnika symulacji mającego możliwość swobodnego przemieszczanie się po obiekcie IK jest prowadzenie działań mających na celu ocenę skutków awarii, zabezpieczenie poszczególnych komponentów obiektu IK, neutralizację zagrożeń oraz pomoc poszkodowanym. Są to typowe działania niezbędne do przeprowadzenia w sytuacji, gdy konieczne jest przywrócenie sprawności działania obiektu IK.

Wyniki szkolenia pilotażowego wskazują, że opracowane narzędzie szkoleniowe jest:

- bardzo użyteczne,
- charakteryzuje się wysokim poziomem akceptacji technologii,
- realistyczne i angażujące uwagę (wysoki poziom składowych obecności przestrzennej i realizmu symulacji),
- nie wywołuje objawów tzw. choroby symulatorowej,

- nie powoduje zbędnego obciążenia procesem szkolenia i stosowanym interfejsem człowiek-komputer.

Uzyskane wyniki wyraźnie wskazują, że symulacje szkoleniowe zostały przygotowane w sposób prawidłowy i nadają się do wdrożenia. Wysokie wartości użyteczności i zamiaru używania udowadniają, że tego typu narzędzie szkoleniowe powinno być dobrze przyjęte przez końcowych użytkowników.