

Mgr inż. Jakub TERCZYŃSKI

DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.307

Dr hab. inż. Andrzej GRABOWSKI, profesor CIOP-PIB

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Pracownia Techniki Rzeczywistości Wirtualnej

## WYKORZYSTANIE INTERAKTYWNEJ SYMULACJI KOMPUTEROWEJ UWZGLĘDNIAJĄCEJ RUCH CAŁEGO CIAŁA W KONTEKŚCIE FUNKCJONOWANIA POZNAWCZEGO

*Streszczenie: Nowoczesne techniki komputerowe w zakresie symulowania interakcji ze środowiskiem wirtualnym umożliwiają wzięcie po uwagę nie tylko położenia wybranych punktów, takich jak głowa lub dłonie, lecz także ruchów całego ciała. Uzyskiwana w ten sposób realistyczna interakcja w środowisku wirtualnym jest korzystna ze względu na zmniejszenie liczby abstrakcyjnych elementów symulacji, co jest szczególnie istotne u osób starszych ze względu na ograniczone zasoby poznawcze.*

## USE OF INTERACTIVE COMPUTER SIMULATION TAKING INTO ACCOUNT THE WHOLE BODY MOVEMENT IN THE CONTEXT OF COGNITIVE FUNCTIONING

*Abstract: Modern computer technology in the field of simulation of the interaction inside the virtual environment enables to take into account not only the position of the selected points, such as the head or hands, but also the movements of the entire body. Obtained in this way, realistic interaction in a virtual environment is favorable due to the reduction in the number of abstract elements of the simulation, which is particularly important in the elderly due to limited cognitive resources.*

*Słowa kluczowe: symulacja komputerowa, aplikacje treningowe, rzeczywistość wirtualna, rejestracja ruchu, zdolności poznawcze*  
*Keywords: computer simulation, training applications, virtual reality, motion capture, cognitive abilities*

### 1. WPROWADZENIE

Rozwój technik komputerowych umożliwił konstrukcję urządzeń dostarczających zmysłom człowieka (zwłaszcza w zakresie wzroku i słuchu) syntetycznej stymulacji podobnej do tej pochodzącej z rzeczywistego świata. W rezultacie odbiorca ma wrażenie immersji („zanurzenia”) w symulowanym środowisku [1]. Dzięki temu zachowania ludzi zanurzonych w środowisku wirtualnym są w znacznym stopniu zbliżone do zachowań naturalnych [2]. Duży realizm symulacji podnosi trafność ekologiczną badań przy zachowaniu wysokiej jakości prowadzonych pomiarów, co z kolei umożliwia odpowiednie wykorzystanie uzyskiwanych wyników w realnych sytuacjach. Subiektywnie postrzegany realizm symulacji

[3] w dużym stopniu zależy od parametrów technicznych zastosowanej metody ekspozycji środowisk wirtualnych. Ważna jest liczba zaangażowanych zmysłów i możliwość wykorzystania w trakcie symulacji ruchów całego ciała, co jest szczególnie ważne w przypadku jednoczesnego zanurzenia w środowisku wirtualnym wielu osób, jak również przy treningu działań militarnych (np. śledzenie ruchów wszystkich kończyn umożliwia określenie miejsca trafienia pocisku) – rys. 1. Do prezentacji obrazu środowiska wirtualnego najczęściej wykorzystuje się urządzenia typu Cave Automatic Virtual Environment (CAVE) [4] lub Head Mounted Display (HMD) [5]. Czynnikiem wspólnym dla tych technologii jest stereoskopowa ekspozycja obrazu, tworząca złudzenie naturalnej głębi.

Ze względu na duży realizm symulacji, pełną kontrolę nad przebiegiem symulacji (co gwarantuje powtarzalność warunków badań), metodologia wykorzystująca wirtualne środowiska badawcze znalazła swoje zastosowanie w wielu dziedzinach psychologii. Jest wykorzystywana w obrębie psychologii klinicznej do terapii stresu pourazowego i fobii metodą desensytyzacji [2, 6]. Natomiast w obrębie psychologii społecznej prowadzone są prace związane m.in. z facylitacją [7], konformizmem [8] lub proksemiką zachowań społecznych [9]. W obrębie psychologii poznawczej wykorzystanie rzeczywistości wirtualnej dotyczyło badań z zakresu mechanizmów przetwarzania informacji o przestrzeni [10], w szczególności pamięci przestrzennej [11], percepcji dystansu [12] oraz orientacji i nawigacji [13].

Wykorzystanie realistycznych środowisk wirtualnych jest szczególnie przydatne w kontekście funkcjonowania poznawczego, zwłaszcza osób starszych. Ze względu na narastające z wiekiem problemy z funkcjami poznawczymi, osoby starsze mają mniej zasobów poznawczych w ogóle. Oznacza to, że w obliczu złożonych (abstrakcyjnych) środowisk, które generują wysokie obciążenie psychiczne, potrzebują więcej czasu, aby ocenić to, co postrzegają.

W pracy przeglądowej [14] podkreśla się, że dla starszych ludzi wysiłek poznawczy jest bardziej wysiłkowo kosztowny (niż dla młodych ludzi) i dlatego starają się oni inwestować swoje najbardziej skupione i zaawansowane myślenie oszczędnie, przede wszystkim w takich kontekstach, które mają dla nich bezpośrednie znaczenie, są zrozumiałe i odnoszą się do ich codziennego życia. Ponadto z wielu innych badań cytowanych w pracy [14] wynika, że osoby w starszym wieku posiadają duże zdolności samoregulacji i potrafią świadomie i w elastyczny sposób dokonywać alokacji zasobów poznawczych w zależności od wymagań sytuacji i ich osobistego zainteresowania.

W przypadku przyswajania sobie nowej wiedzy przez osoby starsze dużym problemem jest tzw. hamowanie proaktywne [15]. Czyli uprzednio opanowana duża wiedza i doświadczenie utrudniają przyswojenie sobie wiedzy (w tym nawyków, schematów działania etc.), która jest mocno zmodyfikowana lub niezgodna z wiedzą uprzednio przyswojoną i zapamiętaną.



Rys. 1. Osoba z ekwipunkiem VR przygotowana do uczestnictwa w szkoleniu. Źródło ilustracji: CIOP-PIB

## 2. STOSOWANE NARZĘDZIA BADAWCZE

Zasada działania opracowanego systemu rzeczywistości wirtualnej opiera się na wykorzystaniu hybrydowego systemu śledzenia ruchu (*motion tracking*) pozwalającego na określenie ruchu całej sylwetki osób biorących udział w symulacji (rys. 1), a także położenia i orientacji w przestrzeni dowolnych przedmiotów. Pełne uczestnictwo w szkoleniu możliwe jest po założeniu bezprzewodowego HMD (*Head Mounted Display*) do obserwacji wirtualnego środowiska (o bardzo szerokim polu widzenia – 110°), bezprzewodowych rękawic pozwalających na pełną interakcję z wirtualnym środowiskiem (np. przenoszenie przedmiotów) oraz umieszczeniu na kluczowych punktach znaczników systemu wizyjnego (małych kulek pokrytych materiałem dobrze odbijającym światło podczerwone, rys. 1) – ciężar całości wynosi ok. 0,5 kg. Analiza danych pochodzących z systemu *motion tracking* pozwala na określenie całej sylwetki, tzn. położenia i orientacji wszystkich kończyn, tułowia i głowy, ze szczególnym uwzględnieniem głowy i dłoni. Specjalne rękawice monitorujące dodatkowo stopień zgięcia palców pozwalają na zaawansowaną interakcję z otoczeniem, np. włączanie/wyłączanie maszyn, chwytanie, przenoszenie i rzucanie wirtualnymi przedmiotami i wydawanie poleceń gestami. Informacja o całej sylwetce pozwala również na bardziej realistyczne szkolenie, zwłaszcza w kontekście interakcji wielu osób w tym samym środowisku wirtualnym. Wszystko to jest możliwe dzięki temu, że zbierane dane są przekazywane do specjalnie do tego celu przystosowanego silnika fizyki (*physics engine*) działającego w czasie rzeczywistym. Silnik ten pozwala na realistyczne wyznaczenie efektów

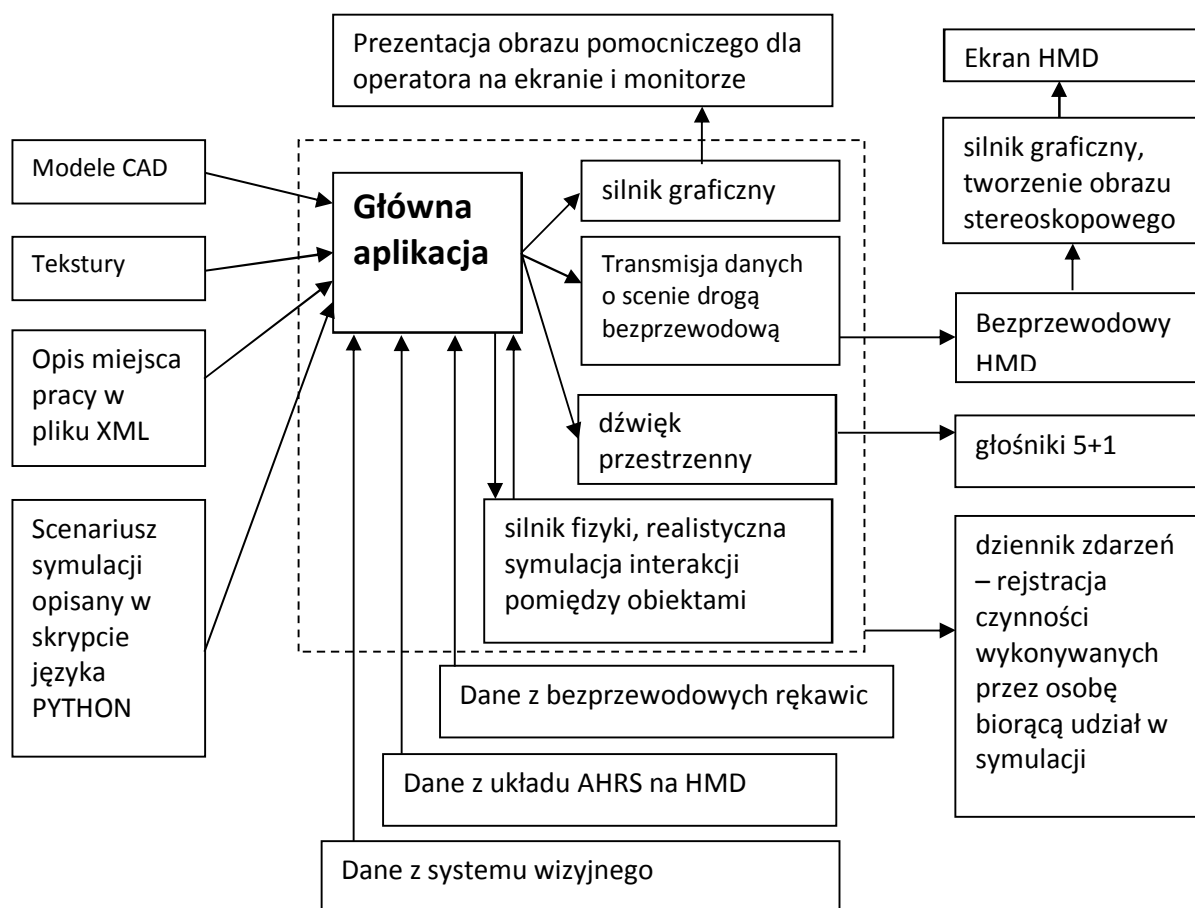
interakcji wirtualnych przedmiotów. Rezultaty obliczeń numerycznych przeprowadzonych przez silnik fizyki będą też podstawą do wizualizacji efektów działań osób zanurzonych w wirtualnym środowisku. Schemat funkcjonowania aplikacji umożliwiającej interaktywną symulację na stanowisku badawczym przedstawia rys. 2.

Zastosowanie systemu bezprzewodowego umożliwi osobie szkolonej swobodną eksplorację środowiska wirtualnego, którego rozmiar nie musi być ograniczony do rozmiaru sali, w której odbywa się szkolenie/egzamin. Osoba szkolona może iść, a nawet biec, w dowolnym kierunku ze względu na duży zasięg działania bezprzewodowych urządzeń szkoleniowych. Takie podejście daje unikatową możliwość budowania scenariuszy polegających np. na eksploracji dużego obszaru. Specjalny algorytm przekierowania kroku, nad którym aktualnie trwają prace w CIOP-PIB [16], zapewni to, że osoba ta będzie stale w dostatecznie dużej odległości od ścian pomimo tego, że będzie się jej wydawało, że przemieszcza się po linii prostej nawet na odcinku wielu kilometrów. Jest to możliwe ze względu na właściwość ludzkich zmysłów – dominację zmysłu wzroku nad zmysłem propriocepcji związanym ze zmysłem dotyku oraz układem przedsionkowym, co pozwala w określonym stopniu na niezauważalną manipulację kierunkiem ruchu człowieka.

### 3. KONCEPCJA BADAŃ

Ze względu na narastające z wiekiem problemy z funkcjami poznawczymi, osoby starsze lepiej radzą sobie z bardziej realistycznymi (mniej abstrakcyjnymi) sytuacjami – warunki takie zapewniają techniki zanurzeniowej rzeczywistości wirtualnej, co może mieć istotne znaczenie w przypadku prowadzenia szkoleń w środowisku wirtualnym [17]. Dlatego też niezbędne jest przeprowadzenie badań z udziałem ochotników w celu sprawdzenia następujących hipotez badawczych:

- osoby starsze są w stanie zaadaptować się do wirtualnego środowiska podobnie jak osoby młodsze,
- szkolenie osób młodszych w środowisku wirtualnym jest skuteczniejsze od szkolenia z wykorzystaniem aktualnie stosowanych metod,
- szkolenie osób starszych w środowisku wirtualnym jest skuteczniejsze od szkolenia z wykorzystaniem aktualnie stosowanych metod,
- w przypadku osób starszych szkolenie w środowisku wirtualnym powinno przynieść lepsze efekty niż w przypadku osób młodszych, ze względu na mniejsze obciążenie poznawcze wynikające z występowania w środowisku wirtualnym mniejszej liczby abstrakcyjnych pojęć w stosunku do typowych (aktualnie wykorzystywanych) metod szkolenia,
- wpływ szkoleń prowadzonych z wykorzystaniem technik rzeczywistości wirtualnej na samopoczucie pracowników starszych jest zbliżony do obserwowanego w przypadku osób młodszych.



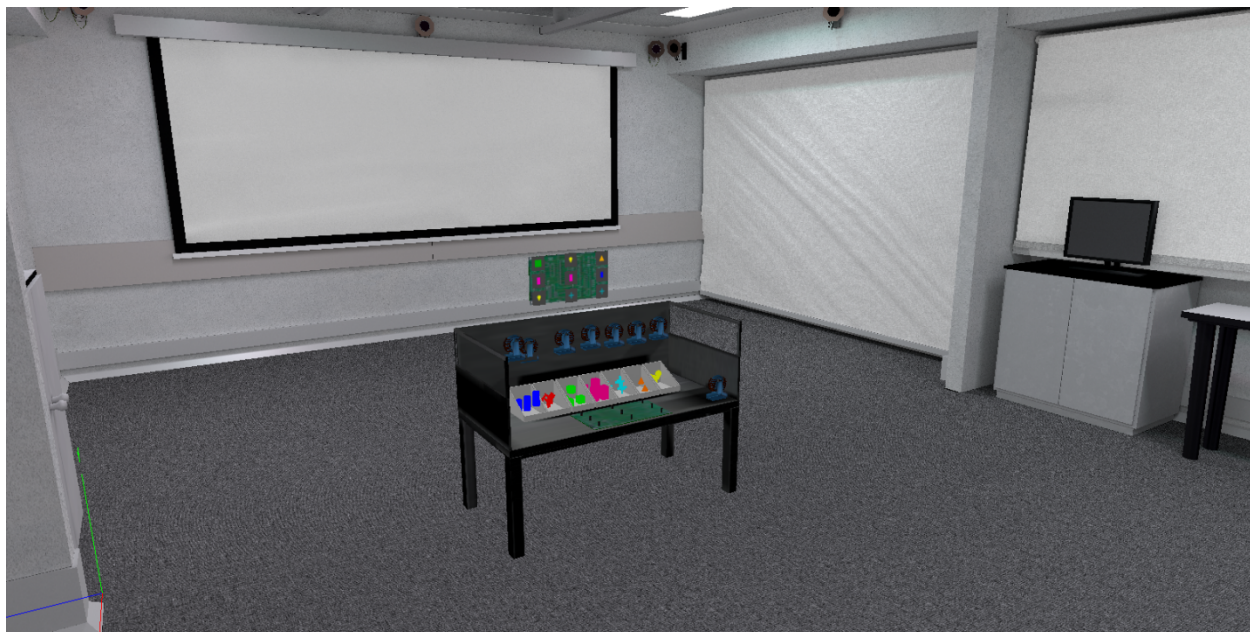
Rys. 2. Schemat modułowej budowy i działania aplikacji (umożliwiającej interaktywną symulację) w powiązaniu z aparaturą wykorzystywaną na stanowisku badawczym

W pierwszej kolejności przeprowadzono analizę czynności wykonywanych na różnych stanowiskach pracy w kontekście możliwości weryfikacji hipotez badawczych. Analiza ta miała na celu przygotowanie procedury wykonywania zadań na stanowisku badawczym spełniającym następujące wymagania:

- możliwość odtworzenia w laboratorium w warunkach rzeczywistych,
- możliwość realizacji w środowisku wirtualnym,
- możliwość regulacji stopnia trudności wykonywanego zadania,
- możliwość rejestracji wskaźników obiektywnych, takich jak czas wykonania zadania i liczba popełnionych błędów,
- występowanie czynności o charakterze zadania podwójnego (ang. *dual task*),
- występowanie konieczności przełączania się pomiędzy zadaniami (ang. *task switching*).

Kryteria te uwzględniono przy oprogramowaniu i testowaniu środowiska wirtualnego, które będzie służyło do badań (rys. 3). Praca na tym stanowisku wymaga dużego zaangażowania zasobów poznawczych oraz m.in.: kontroli wielu wskaźników, wyboru odpowiedniego elementu, przenoszenia elementów, wyboru odpowiedniego miejsca montażu elementu, kontroli poprawności wykonanego oraz kontroli i uzupełniania posiadanych zasobów półproduktów. Stanowisko badawcze umożliwia regulację stopnia trudności wykonywanego

zadania w kontekście wykorzystania zasobów poznawczych m.in. poprzez dobór liczby i rodzaju wzorców rozmieszczenia elementów.



Rys. 3. Pomieszczenie badawcze odwzorowane w środowisku wirtualnym. Wykorzystanie otoczenia poznanego już przez osoby starsze (m.in. podczas wstępnych badań ankietowych) powinno skutkować mniejszym obciążeniem poznawczym i ułatwić adaptację do środowiska wirtualnego

Głównym celem badań będzie określenie względnej skuteczności różnych form szkolenia w kontekście postępujących wraz z wiekiem zmian w funkcjonowaniu poznawczym. Porównane zostaną ze sobą dwie różne formy szkolenia: „tradycyjna” (tzn. opierająca się na powszechnie stosowanych, typowych metodach) oraz interaktywna symulacja komputerowa. Połowa ochotników zostanie przeszkolona z wykorzystaniem powszechnie wykorzystywanych narzędzi takich jak prezentacja multimedialna (tzn. slajdy zawierające tekst, ilustracje oraz film) i materiały drukowane (30 osób w wieku 20-25 lat oraz 30 osób w wieku 50+), natomiast pozostałe osoby (30 osób w wieku 20-25 lat oraz 30 osób w wieku 50+) zostaną przeszkolone z wykorzystaniem technik rzeczywistości wirtualnej. W sumie w badaniu weźmie udział 120 osób podzielonych na cztery grupy ze względu na formę szkolenia i wiek, co umożliwi niezależne określenie ilościowego wpływu obu tych czynników na skuteczność szkolenia.

Po szkoleniu przeprowadzony zostanie test w środowisku rzeczywistym. W laboratorium zostanie odtworzone środowisko pracy, a czynności wykonywane będą tożsame z tymi, które były przedstawiane w ramach szkolenia. Obiektywna ocena skuteczności szkolenia będzie prowadzona w oparciu o wskaźniki takie jak: czas wykonania zadania i liczba popełnionych błędów.

#### 4. PODSUMOWANIE

Wykorzystanie zanurzeniowej rzeczywistości wirtualnej umożliwi uzyskanie dużego stopnia realizmu symulacji, symulację wielu różnych scenariuszy w kontrolowanych warunkach oraz tworzenie zaawansowanych aplikacji szkoleniowych umożliwiających wyrobienie prawidłowych nawyków bez narażenia osób szkolonych na ryzyko.

Wśród korzyści wynikających z zastosowania technik rzeczywistości wirtualnej do wspomagania szkoleń należy wymienić przyspieszenie procesu szkolenia, zmniejszenie kosztów szkolenia (np. poprzez zmniejszenie zużycia materiałów eksploatacyjnych), zwiększenie skuteczności szkolenia, uatrakcyjnienie formy przebiegu szkolenia, sprzyjanie rozwijaniu tzw. pamięci mięśniowej, ze względu na wykorzystanie w symulacji ruchów całego ciała, i umożliwienie przekazania wiedzy, która wynika z doświadczenia (tzw. wiedza ukryta – *tacit knowledge*).

Realizacja badań umożliwi określenie tego, jaki jest wpływ środowiska wirtualnego na osoby starsze w kontekście aplikacji szkoleniowych, oraz ilościowe określenie skuteczności aplikacji szkoleniowych wykorzystujących techniki rzeczywistości wirtualnej względem aktualnie stosowanych metod szkoleniowych w zależności od wieku osoby szkolonej na przykładzie dwóch grup wiekowych (osoby w wieku 20-25 lat oraz 50+).

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego *Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy*, finansowanego w latach 2014-2016 w zakresie prac naukowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Koordinator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

#### LITERATURA

- [1] Meehan M. (2001): *Physiological Reaction as an Objective Measure of Presence in Virtual Environments*.
- [2] Barfield W., & Furness T.A. (1995): *Virtual environments and advanced interface design*, NY: Oxford University Press.
- [3] Grabowski A.: *Wpływ pola widzenia na odbiór symulacji szkoleniowej w środowisku wirtualnym*, „Mechanik” [CD-ROM] 2014;7:423-430.
- [4] Rothbaum B.O., Hodges L.F., Kooper R., Opdyke D., Willford D., & North M.M. (1995): *Effectiveness of computer-generated (virtual reality) graded exposure in the treatment of acrophobia*, „American Journal of Psychiatry”, 152, 626-628.
- [5] Bailenson J.N., Blascovich J., Beall A., Loomis J. (2000), *Equilibrium theory revisited: Mutual gaze and personal space in virtual environments*, „Presence: Teleoperators and Virtual Environments” 10(6), 583-598.
- [6] Blascovich J., Veach T.L., & Ginsburg G.P. (1973): *Blackjack and the risky shift*, „Sociometry”, 36(1), 42-55.
- [7] Wilson P.N., Tlauka M., & Wildbur D. (1999): *Orientation specificity occurs in both small- and large-scale imagined routes presented as verbal descriptions*, „Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition”, 25(3), 664-679.
- [8] Interrante V., Ries B., Lindquist J., & Kaeding M. (2008): *Elucidating Factors that Can Facilitate Veridical Spatial Perception in Immersive Virtual Environments*, „Presence: Teleoperators and Virtual Environments”, 17(2), 176-198.

- [9] Peruch P., & Gaunet F. (1998): *Virtual environments as a promising tool for investigating human spatial cognition*, "Current Psychology of Cognition", 17(4-5), 881-899.
- [10] Klatzky R.L., Loomis J.M., Beall A.C., Chance S.S., & Golledge R.G. (1998): *Spatial updating of self-position and orientation during real, imagined, and virtual locomotion*, "Psychological Science", 9, 293-298.
- [11] Berneburg A., (2007): *Interactive 3-D Simulations in Measuring Consumer Preferences: Friend or Foe to Test Results?*, "Journal of Interactive Advertising", 8:1, 1-37.
- [12] Richarme M., & Colias J. (2008): *Realism in Research – Innovative Utilization of 3D Animation for Qualitative and Quantitative Research Methodologies – A Blind Case Study*, ESOMAR 2008.
- [13] Messinger P.R., Stroulia E., Lyons K., Bone M., Niu R.H., Smirno, K., and Perelgut S. (2009): *Virtual worlds — past, present, and future: New directions in social computing*, "Decision Support Systems", 47(3):204-228.
- [14] Hess T. (2014): *Selective engagement of cognitive resources: Motivational influences on older adults' cognitive functioning*, "Perspectives on Psychological Science", 9, 388-407.
- [15] Umanath S., & Marsh E.J. (2014): *Understanding how prior knowledge influences memory in older adults*, "Perspectives on Psychological Science", 9(4), 408-426.
- [16] Jankowski J.: *Interaktywne techniki eksploracji środowisk rzeczywistości wirtualnej*, „Mechanik”, 07/2013, 221-230 (2013).
- [17] Grabowski A.: *Praca w wirtualnej kopalni: Wyniki pierwszej sesji szkoleniowej w środowisku wirtualnym z udziałem pracowników górnictwa*, „Edukacja Ustawiczna Dorosłych”, 113-122, 3/2014.