

Trenażery wspomagające kształcenie i doskonalenie zawodowe strażaków oraz aspirantów straży pożarnej

Real and virtual training systems for firefighters and firemen aspirants

Słowa kluczowe: trenażery, środki dydaktyczne, rzeczywistość wirtualna, straż pożarna.

Key words: training, teaching aids, virtual reality, firefighters.

Abstract. Training and professional development of people working in dangerous conditions requires the use of special teaching aids and resources dedicated to specific activities. A good example are the rescue operations performed by firefighters, especially in the area of particularly dangerous fire-fighting activities. The multi-stage training process utilizing various types of physical and virtual training system is helpful in preparing firefighters for work, including learning of fire-fighting procedures. Moreover such training systems give unique opportunity to get the experience of extinguishing a fire in a room engulfed by flames.

Wprowadzenie. Biorący udział w działaniach ratowniczych strażacy Państwowej Straży Pożarnej pracują często w niebezpiecznych warunkach, a od podejmowanych przez nich decyzji zależy nie tylko ich zdrowie i życie, ale też zdrowie i życie osób, którym niosą ratunek. Strażacy-ratownicy często muszą działać w obszarze ogarniętym przez pożar, a zwalczanie pożarów wewnętrznych należy do najbardziej niebezpiecznych działań. W takich sytuacjach nie dość, że muszą oni wejść do obszaru, z którego wszyscy się ewakuują, to dodatkowo wchodzą do pomieszczeń, w których panuje wysoka temperatura i niskie stężenie tlenu, a widoczność jest bardzo ograniczona. W sytuacji stresowej, podczas działania pod presją czasu, kiedy każda zmarnowana sekunda może mieć istotne znaczenie i wpływ na dalszy przebieg, a więc i rezultaty działań ratowniczych, stosunkowo łatwo można popełnić błąd. Najskuteczniejszą metodą zapobiegania ewentualnym błędom jest jak najlepsze przygotowanie strażaków do prowadzonych działań w ramach podnoszenia ich umiejętności i kompetencji. Ze względu na zagrożenia, szczególnie nacisk podczas szkoleń kładzie się na umiejętności w zakresie postępowania podczas zwalczania pożarów wewnętrznych.

Kształcenie i doskonalenie zawodowe strażaków oraz aspirantów straży pożarnej jest prowadzone z wykorzystaniem wielu różnych metod nauczania, począwszy od przedstawienia zagadnień teoretycznych w oparciu o standardowe metody przekazywania wiedzy, na komorach rozgorzeniowych, w których panują warunki podobne do tych występujących podczas prawdziwych pożarów, skończywszy. Ważne są wszystkie etapy kształcenia, tak aby strażak, który wkracza do komory rozgorzeniowej był jak najlepiej przygotowany i dostatecznie dobrze wiedział, jakie są procedury postępowania. Pomocne są w tym nowoczesne techniki szkoleniowe bazujące na interaktywnych symulacjach komputerowych. Zastosowanie trenerów korzystających z osiągnięć gryfikacji, nie dość, że pozwala na osiągnięcie wysokiej jakości symulacji i zaangażowania osoby szkolonej w proces przekazywania wiedzy, to również ma uzasadnienie ekonomiczne, co jest związane m.in. z kosztami zużycia materiałów eksploatacyjnych związanych z wzniesieniem pożaru w komorze rozgorzeniowej, i uzasadnienie powiązane z lepszą dbałością o środowisko naturalne. Im lepsze przygotowanie strażaków do prowadzonych działań, tym mniej potrzeba sesji z wykorzystaniem prawdziwego ognia.

Realizacja interaktywnej symulacji szkoleniowej jest szczególnie efektywna, gdy zostaną wykorzystane techniki rzeczywistości wirtualnej. Warto podkreślić, że rzeczywistość wirtualna daje szczególne korzyści w sytuacjach, gdy prowadzenie treningu w warunkach rzeczywistych powiązane jest z zagrożeniem zdrowia i życia człowieka lub z innych względów jest niemożliwe [1], a dodatkowo pozwala na zastosowanie osiągnięć z dziedziny gryfikacji (ang. *gamification* [2]).

Poza szkoleniem funkcjonariuszy służb mundurowych, takich jak PSP, wirtualna rzeczywistość od lat jest wykorzystywana w takich dziedzinach jak medycyna (np. wirtualne operacje), energetyka atomowa (np. ograniczenie narażenia pracownika na promieniowanie jonizujące), teleobecność [3] (w tym zdalne sterowanie robotami [4]), dostosowanie stanowisk prac [5] oraz górnictwo, zwłaszcza w kopalniach podziemnych [6]. Techniki projekcyjne, których przykładem jest CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) [7] oraz wysoce immersyjne techniki zanurzeniowej rzeczywistości wirtualnej bazujące na goglach rzeczywistości wirtualnej typu HMD (*Head Mounted Display*) w połączeniu z odpowiednimi systemami śledzenia ruchu (ang. *motion capture*) umożliwiają osobom szkolonym na swobodę działań i wykorzystaniu ich ruchów w przebiegu scenariusza szkoleniowego. Sprzyja to rozwijaniu tzw. pamięci mięśniowej i w konsekwencji korzystnie wpływa na rozwijanie umiejętności sprawnego wykonywania pracy oraz działań w warunkach wysokiego stresu. Daje też interesujące rezultaty w kontekście doszkalania osób starszych i ich funkcjonowania poznawczego [8, 9]. Podobne możliwości oferują techniki rzeczywistości rozszerzonej [10], jednakże wymagają one chociaż częściowego zbudowania rzeczywistego stanowiska pracy oraz nie dają jeszcze odpowiednich możliwości wizualizacji efektów wolumetrycznych takich jak np. wirtualny płomień ogarniający i przenikający rzeczywiste przedmioty.

Techniki projekcyjne typu CAVE. Symulator szkoleniowy typu CAVE składa się z następujących głównych elementów:

- podsystemu obliczeniowego odpowiedzialnego za analizę rejestrowanych danych i przygotowanie obrazu z wykorzystaniem grafiki 3D,
- podsystemu projekcji wyświetlającego na ekranach syntetyczny obraz przygotowany przez komputer (rys. 1),
- wizyjnego systemu pomiarowego typu motion capture.

Główną zaletą wykorzystania symulatora typu CAVE jest to, że osoba szkolona widzi swoje otoczenie, a więc widzi również przedmioty, które są wykorzystywane w czasie symulacji szkoleniowej (np. prądownicę).

Głównym elementem podsystemu obliczeniowego jest wydajna stacja robocza integrująca dane pochodzące z kamer wizyjnego systemu pomiarowego typu *motion capture* i przygotowująca obraz środowiska wirtualnego dla podsystemu projekcji. Ze względu na mniejszą liczbę kamer niż w symulatorze zanurzeniowej rzeczywistości wirtualnej złożoność obliczeniowa operacji wykonywanych przez CPU będzie związana głównie z obliczeniami efektów cząsteczkowych (np. ogień lub dym). Stacja robocza pełni dodatkowo rolę stanowiska dla instruktora prowadzącego szkolenia. Na ekranie komputerowym będzie wyświetlany interfejs użytkownika pozwalający na wybór scenariusza i monitorowanie jego przebiegu. Dodatkową funkcją komputera operatora jest przesyłanie danych do dedykowanej platformy internetowej, gdzie później mogą być upubliczniane i analizowane z wykorzystaniem narzędzi statystycznych. Jest forma integracji rzeczywistych elementów (trenażer) z platformą e-learningową [11].

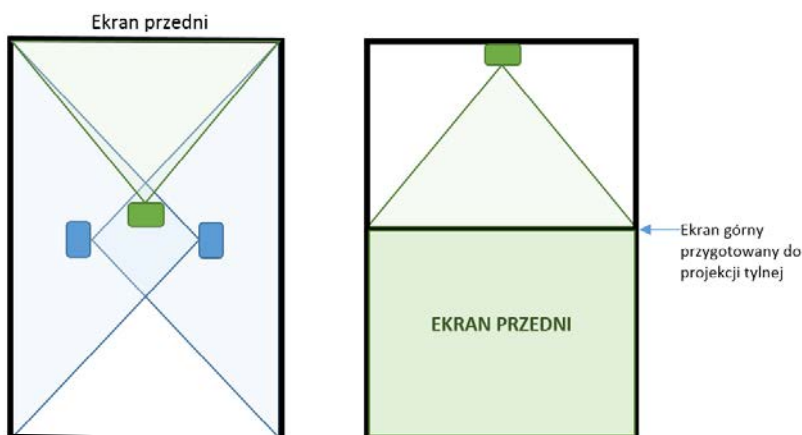
Podsystem projekcji składa się z 4 krótkoogniskowych projektorów i 4 ekranów oraz stelaża pozwalającego na zamocowanie tych elementów. Ekranami będą otaczały osobę szkoloną i będą zainstalowane z przodu, po bokach, oraz na górze w celu umożliwienia realizacji symulacji zjawiska *flashing over*. Planuje się wykorzystanie ścian jako ekranów dla obrazów wyświetlanych po z przodu i bokach osoby szkolonej. Będzie to projekcja przednia, natomiast dla obrazów wyświetlanych z góry będzie zastosowana projekcja tylna. Schemat instalacji projektorów ilustruje rys. 2. Zastosowane zostaną projektory o bardzo krótkiej ogniskowej (typu *short throw*) w celu ograniczenia możliwości rzucania cienia przez osoby szkolone na któryś z ekranów. Wysokość ekranów (przedniego i bocznych) będzie wynosiła ok 2,5 m. Szerokość ekranu przedniego ok. 2,8 m, natomiast szerokość ekranów bocznych ok. 5 m. Planuje się instalację projektorów rzucających obraz na ekran przedni i boczne do stelaża podtrzymującego i usztywniającego ekran górny.

Ważną częścią procesu szkolenia jest możliwość interakcji ze środowiskiem wirtualnym i wpływ na przebieg zjawisk mających miejsce w symulowanym środowisku. Konieczne jest zastosowanie odpowiedniego interfejsu człowiek–komputer, który będzie umożliwiał monitorowanie ruchu człowieka (np. w celu oceny czy przyjął on odpowiednią pozycję) oraz ruchu przedmiotów wykorzystywanych w trakcie symulacji, np. do określenia, gdzie za pomocą prądownicy został skierowany strumień wirtualnej wody w celu przeprowadzenia obliczeń oraz wyświetlenia efektów działań podjętych przez osobę szkoloną.

W tym celu planuje się zastosowanie kamer pracujących w paśmie bliskiej podczerwieni, dzięki czemu będą one działać niezależnie od treści wyświetlanej na ekranach i ich praca nie będzie zakłócana przez pracę projektorów. Kamery te będą identyfikowały położenie pokrytych specjalnym materiałem kulek. Dane z wielu kamer będą integrowane przez stację roboczą, co pozwoli na wyznaczenie położenia i orientacji w trójwymiarowej przestrzeni obiektów wyposażonych w co najmniej 3 takie kulki. Identyfikacja typu obiektu będzie prowadzona na podstawie relacji przestrzennych pomiędzy kulkami zainstalowanymi na obiekcie i które powinny być unikatowe dla każdego typu obiektu.



Rys. 1. Obraz osoby szkolonej w symulatorze typu CAVE. Osoba szkolona jest ograniczona ekranami, na których wyświetlany jest obraz



Rys. 2. Schemat instalacji projektorów. Lewa część ilustracji przedstawia widok z góry, natomiast prawa część ilustracji widok na przednią część symulatora typu CAVE

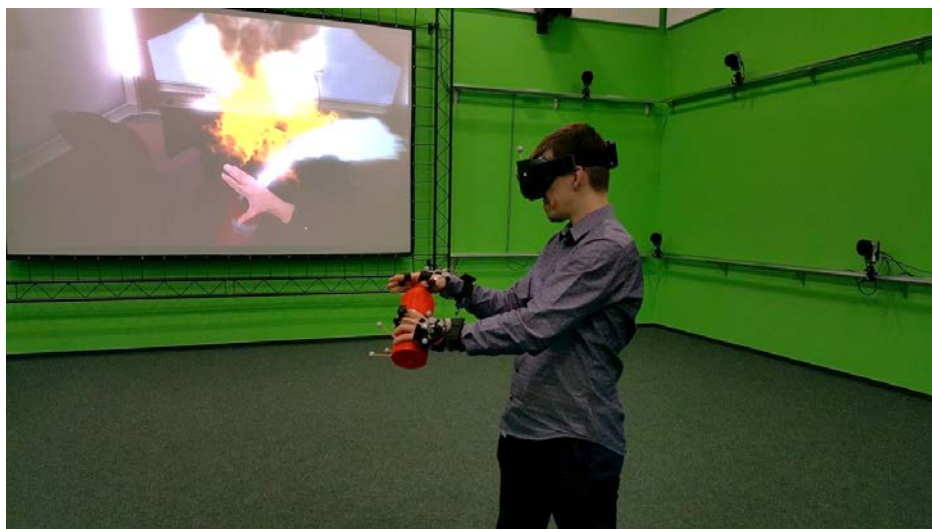
Cechą charakterystyczną symulatora CAVE jest m.in. to, że jego optymalne wykorzystanie wymaga, aby osoba szkolona była zwrócona cały czas do ekranu przedniego. Z tego względu znaczniki na przedmiotach trzymany w rękach będą najlepiej widziane przez kamery zainstalowane z przodu, jak najbliższej ściany przedniej. Schemat instalacji kamer ilustruje rys. 3. Planuje się instalację 3 kamer na górze, do ramy stelaża podtrzymującego i usztywniającego ekran górny. Dwie pozostałe będą instalowane do ścian bocznych, przy ekranie przednim. Kamery będą niewielkie, o średnicy ok. 7 cm i nie większej długości, dlatego ich wpływ na zaburzenie obserwowanego obrazu będzie niewielki i do pominięcia z punktu widzenia tematyki planowanych do realizacji scenariuszy. Do tego planuje się taką implementację scenariuszy, aby kluczowe obszary znajdowały się daleko od kamer, w pobliżu centrum ekranu przedniego (tak jak to przedstawia rys. 1).



Rys. 3. Schemat instalacji kamer podsystemu motion capture zintegrowanego z trenerem typu CAVE

Zanurzeniowa rzeczywistość wirtualna. Obraz środowiska wirtualnego może być też przedstawiany z wykorzystaniem gogli typu HMD. Rozwiązanie takie ma kilka zalet względem technik projekcyjnych. Przede wszystkim obraz wirtualnego środowiska jest zawsze widoczny, gdyż gogle są zawsze przed oczami osoby szkolonej. W przypadku technik projekcyjnych obraz jest widoczny tylko na ekranach, a do tego są problemy związane z przesłaniem obrazu rzucanego przez projektory (na ekranach pojawiają się cienie, które obniżają subiektywnie postrzegany poziom realizmu symulacji). Obraz w goglach jest w pełni stereoskopowy (uwzględnia paralaksę pionową i poziomą, podobnie jak w przypadku hologramów) i umożliwia wyświetlanie obrazu obiektów znajdujących się w dowolnym miejscu, w całym otoczeniu osoby szkolonej. W przypadku gogli nie ma problemów z wizualizowaniem środka gaśniczego wydostającego się z gaśnicy, natomiast w przypadku technik projekcyjnych obraz nie pojawia się we właściwym miejscu, ale dopiero na ekranie, czyli kilka

metrów od osoby szkolonej, która trzyma gaśnicę w rękach. Jednakże zasłonięcie oczu osoby szkolonej wprowadza kilka dodatkowych problemów, które powiązane są głównie z interakcjami z rzeczywistymi obiektami. Przede wszystkim osoba szkolona musi być wyposażona w specjalne rękawice pozwalające na monitorowanie ruchów dłoni i palców (rys. 4). Należy również śledzić położenie głowy i atrap rzeczywistych obiektów, tak aby możliwe było ich przedstawienie w wirtualnym świecie. Z tego względu każda atrapa (np. gaśnicy – rys. 4) musi być wyposażona w znaczniki systemu wizyjnego typu *motion capture*. System monitorowania położenia osób i przedmiotów działa w sposób analogiczny jak w przypadku trenera typu CAVE i jego podstawą są kamery obserwujące obraz znaczników w formie małych kulek. Ponieważ trener zanurzeniowej rzeczywistości wirtualnej nie ma wyróżnionego kierunku, kamery muszą znajdować się dookoła sali szkoleniowej, tak aby możliwe było obserwowanie czynności wykonywanych przez osobę szkoloną niezależnie od tego, w którą stronę będzie zwrócona (część kamer jest widoczna na rys. 4).



Rys. 4. Przykład interakcji z wirtualnym środowiskiem – gaszenie wirtualnego pożaru z wykorzystaniem atrapy gaśnicy

Trenażery fizyczne. Techniki rzeczywistości wirtualnej są doskonałym narzędziem do szkolenia w zakresie procedur postępowania, zwłaszcza w sytuacjach niebezpiecznych, ze względu na pełną kontrolę nad przebiegiem scenariusza szkoleniowego. Jednakże z oczywistych względów takie szkolenie jest niewystarczające w przypadku strażaków, gdyż nie może w pełni przygotować do warunków pracy, zwłaszcza gdy rozważamy zakres prac powiązanych z zwalczaniem pożarów wewnętrznych. Nawet najlepszy trening w środowisku wirtualnym jest tylko dużym przybliżeniem wszystkich bodźców docierających do strażaków podczas zwalczania rzeczywistego pożaru. Dlatego w celu lepszego przeszkolenia strażaków stosuje się

trenażery fizyczne, w których panują warunki zbliżone do rzeczywistych (rys. 5). Rozpalenie ognia w komorze rozgorzeniowej pozwala na symulację procedur gaszenia pożaru z uwzględnieniem wysokich temperatur, co daje najlepsze przygotowanie na warunki, jakich doświadczą podczas prawdziwej akcji ratowniczej.



Rys. 5. Przykład trenażera fizycznego, komora rozgorzeniowa znajdująca się na terenie Centralnej Szkoły PSP w Częstochowie

Podsumowanie. Procedura szkolenia i doszkalania w przypadku zawodów takich jak zawód strażaka jest szczególnie skomplikowana i wieloetapowa. Szkolenie zaczyna się od przekazania wiedzy teoretycznej na temat procedur postępowania i warunków, jakie mogą się pojawić w trakcie prowadzenia działań ratowniczych. Dalszym etapem są ćwiczenia praktyczne, które mogą być prowadzone z wykorzystaniem różnych narzędzi. Klasyczne podejście bazujące na ćwiczeniach poligonowych może być rozwinięte poprzez wykorzystanie specjalistycznych trenażerów, zwłaszcza trenażerów bazujących na technikach rzeczywistości wirtualnej. Zdobytą wiedzę teoretyczną można zweryfikować, realizując symulowane działania w środowisku wirtualnym. Ponieważ ruchy wykonywane w środowisku wirtualnym, w tym związane z używaniem przedmiotów, są tożsame z tymi wykonywanymi w trakcie rzeczywistych działań, możliwe jest pełne zaangażowanie pamięci mięśniowej, co sprzyja lepszemu zapamiętywaniu informacji i przekazaniu tzw. wiedzy ukrytej (*tacit knowledge* [12]), czyli wiedzy wynikającej z doświadczenia. W środowisku wirtualnym można wielokrotnie ćwiczyć procedury postępowania w różnych, ale w pełni kontrolowanych warunkach, bez narażenia na ryzyko związane np. z ogniem. Jeżeli poziom umiejętności osiągnięty jest dostateczny, zwiększeniem procedur szkolenia jest wykorzystanie trenażerów fizycznych (obejmujących m.in. komorę rozgorzeniową), gdzie możliwe jest przećwiczenie procedur postępowania w warunkach najbardziej zbliżonych do rzeczywistych, gdzie osoby szkolone mają do czynienia z bardzo wysoką temperaturą

i rzeczywistym ogniem. Zastosowanie symulacji i trenerów wirtualnych pozwala jednak na ograniczenie liczby godzin pracy trenera rzeczywistego, co ma pozytywny wpływ na koszty związane z prowadzeniem szkoleń i zmniejsza ryzyko związane z zagrożeniami występującymi podczas treningu w komorze rozgorzeniowej.

Publikację opracowano na podstawie wyników realizacji projektu numer DOB – BIO7/22/02/2015 pn.: „Symulatory szkoleniowe w zakresie zwalczania pożarów wewnętrznych” (CYBERFIRE) finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w latach 2015–2018.

Bibliografia

1. Grabowski A., Jankowski J., *Virtual Reality-based pilot training for underground coal miners*, Safety Science, Volume 72, February 2015, pp. 310–314.
2. Kapp K.M., *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*, John Wiley & Sons, 2012
3. Minsky M., *Telepresence*, “Omni Magazine”, 1980.
4. Jankowski J., Grabowski A. (2015), *Usability Evaluation of VR Interface for Mobile Robot Teleoperation*, “International Journal of Human-Computer Interaction”, 31:12, pp. 882–889.
5. Budziszewski P., Grabowski A., Milanowicz M., Jankowski J., *Workstations for People With Disabilities: An Example of a Virtual Reality Approach*, “International Journal of Occupational Safety and Ergonomics”, Volume 22, pp. 367–373 (2016).
6. Grabowski A., *Sesje szkoleniowe górników w wirtualnej kopalni*, „Edukacja Ustawiczna Dorosłych”, t. 86, nr 3, s. 111–119, 2014.
7. Muhanna A., *Virtual reality and the CAVE: Taxonomy, interaction challenges and research directions*, “Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences”, 27, July 2015, pp. 344–361.
8. Hess T., *Selective engagement of cognitive resources: Motivational influences on older adults’ cognitive functioning*, “Perspectives on Psychological Science”, 9, pp. 388–407 (2014).
9. Umanath S., Marsh E., *Understanding how prior knowledge influences memory in older adults*. “Perspectives on Psychological Science”, 9(4), pp. 408–426 (2014).
10. Wójcicki T., *Model wspomagania podnoszenia kompetencji zawodowych z wykorzystaniem systemów rzeczywistości rozszerzonej*, „Edukacja Ustawiczna Dorosłych”, t. 180, nr 1, s. 111–119.
11. Siczek M., Wojutyński J., *Wirtualne laboratorium kształcenia zawodowego*, „Edukacja Ustawiczna Dorosłych”, 2/2015, s. 148–156.
12. Podgórski D., *The use of tacit knowledge in occupational safety and health management systems*. Int. J. Occupat. Safety Ergonom. 16, pp. 527–543 (2010).

dr hab. inż. Andrzej GRABOWSKI, prof. CIOP – PIB

Pracownia Technik Rzeczywistości Wirtualnej

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

e-mail: angra@ciop.pl