

Problemy związane z zarządzaniem bezpieczeństwem i higieną pracy w budownictwie w nowoczesnej dydaktyce

dr inż. Aleksander Nicał, dr inż. Paweł Nowak, dr inż. Jerzy Rośton, dr inż. Janusz Sobieraj,
Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska

1. Wprowadzenie

W artykule zaprezentowano rezultaty trzech projektów dydaktycznych, prowadzonych na WIL PW, pod kierownictwem autorów: Projekt ARSC – Bezpieczny montaż okładzin kamiennych z wykorzystaniem rzeczywistości rozszerzonej (Augmented Reality for Stone Cladding Safe Assembling Operation), setAR – związany ze szkoleniem w zakresie bezpiecznego wykonywania robót ziemnych wspomaganych technologią rzeczywistości rozszerzonej (Safe Earthworks Training with the Use of Augmented Reality) oraz ID4Ex – Immersive Design and New Digital Competences for the Rehabilitation and Valorization of the Built Heritage). Projekty te prowadzone są we współpracy z uczelniami oraz organizacjami z Hiszpanii, Irlandii, Niemiec, Portugalii, Turcji oraz Włoch i są nie tylko dobrym narzędziem do przygotowania szkoleń od strony technicznej czy prawnej, ale także wymiany doświadczeń kulturowych, na bardzo znacznie różniących się budowach w wielu krajach.

2. Projekt dotyczący bezpiecznego montażu okładzin kamiennych z wykorzystaniem rzeczywistości rozszerzonej

Projekt ARSC – Bezpieczny montaż okładzin kamiennych z wykorzystaniem rzeczywistości rozszerzonej (Augmented Reality for Stone Cladding Safe Assembling Operation) ma na celu zapobieganie wypadkom na placach budów. Jego numer to 2019-1-PL01-KA202-065001, a realizowany jest w terminie 01.11.2019–31.10.2022. Promotorem projektu jest Korporacja RADEX S.A., Polska (www.korporacjaradex.pl), kierownik projektu dr inż. Janusz Sobieraj, a partnerzy to: University of Valencia, Hiszpania (www.uv.es), Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej, Polska (www.il.pw.edu.pl), Technische Universität Darmstadt, Niemcy (www.tu-darmstadt.de), University of Granada, Hiszpania (www.ugr.es) oraz Polskie Stowarzyszenie Menedżerów Budownictwa, Polska (www.psmb.pl). Logo i QR projektu pokazano na rysunku 1.

Projekt ten jest skierowany do inżynierów budownictwa, studentów budownictwa, pracowników budowlanych, ale także do uczelni technicznych, techników budowlanych oraz pracowników małych i średnich przedsiębiorstw (SME). Rezultaty

Rys. 1. Logo i kod QR projektu ARSC



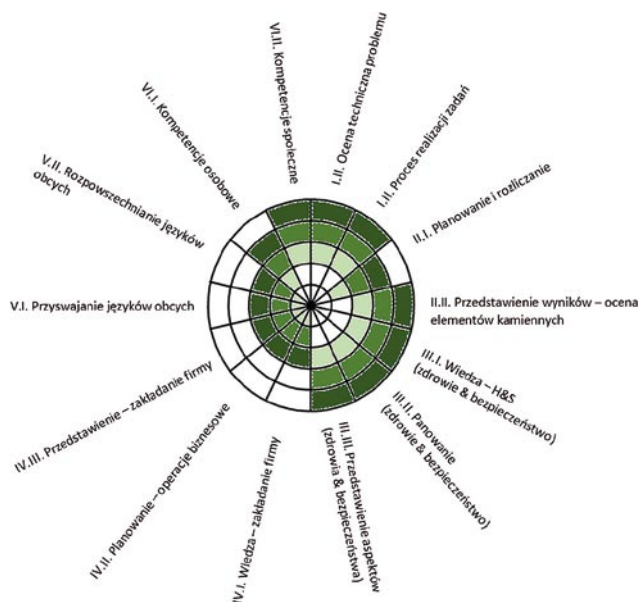
projektu udostępnione zostaną dla wszystkich osób zainteresowanych, zgodnie z ideą Otwartych Zasobów Edukacyjnych (Open Educational Resources – OER). Augmented Reality (AR), czyli rozszerzona rzeczywistość, uważana jest za przyszłościowe narzędzie wspomagające szkolenia. Zastosowanie tej technologii pozwala na zapoznanie się ze szczegółami technicznymi robót budowlanych w bezpiecznym, wirtualnym środowisku. Głównym celem projektu ARSC jest zwiększenie bezpieczeństwa na placach budowy poprzez zapobieganie wypadkom przy pracy, w szczególności upadkom z wysokości, które są jedną z najczęstszych przyczyn śmiertelnych wypadków w budownictwie [1–4].

W projekcie ARSC opracowano:

- O1: Mapę podstawowych umiejętności monterów okładzin kamiennych (rys. 2);
- O2: Raport dotyczący technologii okładzin kamiennych i kosztów;
- O3: Podręcznik BHP oraz procedury montażu okładzin kamiennych;
- O4: Oprogramowanie Augmented Reality (AR) do montażu okładzin kamiennych (wybrane procedury) (rys. 3, 4);
- O5: Metodologię dla opracowanego systemu szkoleniowego;
- O6: Interaktywny podręcznik elektroniczny z testami sprawdzającymi wiedzę z zakresu montażu okładzin kamiennych.

Komplet rezultatów projektu pomoże pracownikom budów zapoznać się z istotnymi kwestiami dotyczącymi bezpieczeństwa, a także doksztalić się w dziedzinie okładzin z kamienia. Projekt ma też za zadanie zwrócić uwagę kierownictwa firm budowlanych na zagadnienie bezpieczeństwa pracowników w trakcie wykonywania robót.

Opisywane szkolenie jest oparte o doświadczenie i praktyki z różnych państw europejskich, co pomoże zwiększyć mobilność pracowników budowy i ich zdolność do pracy w wielokulturowym środowisku – często występującym



Rys. 2. Mapa podstawowych umiejętności monterów okładzin kamiennych (opracowanie własne)



Rys. 3. Przykład wykorzystania AR na budowie – fragment szkolenia z bezpiecznego wykonywania rusztowań (opracowanie własne)

na wielkich budowach. Z kolei wykorzystanie AR pozwoli na wyćwiczenie istotnych umiejętności w bezpieczny i interesujący sposób, z wykorzystaniem smartfonów, tabletów i innych powszechnych zdobyczy nowoczesnej technologii.

3. Projekt dotyczący bezpiecznego wykonywania robót ziemnych wspomaganego technologią rzeczywistości rozszerzonej

Zagadnienie bezpiecznego wykonywania robót ziemnych stanowi główny cel projektu setAR o numerze 2020-1-PL01-KA202-081555. Projekt ten w tłumaczeniu na język polski jest szkoleniem w zakresie bezpiecznego wykonywania robót ziemnych wspomaganym technologią rzeczywistości rozszerzonej (Safe Earthworks Training with the use of Augmented Reality). Dofinansowanie do projektu zostało pozyskane z Programu ERASMUS+, a okres jego realizacji mieści się w przedziale od 01.12.2020 do 30.11.2022. Specyfika wykonywania robót ziemnych w budownictwie, w tym możliwe obsunięcia mas ziemnych, obecność ciężkich maszyn



Rys. 4. Przykład wykorzystania AR na budowie – fragment szkolenia nt. bezpiecznej pracy przy wykonywaniu elewacji (opracowanie własne)

Rys. 5. Logo i QR kod projektu setAR



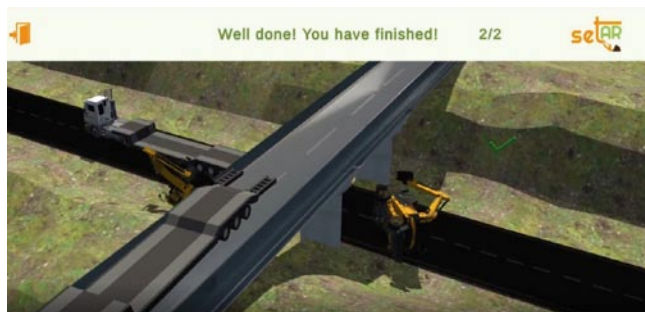
i urządzeń budowlanych, powodują podwyższone ryzyko wypadków. Konieczne stało się zatem opracowanie narzędzi, które pomogłyby w edukacji i szkoleniu grup zawodowych, szczególnie narażonych na wspomniane ryzyka. Wśród tych grup wymienia się m.in.: techników i inżynierów budownictwa, operatorów koparek, spycharek, kierowców samochodów samowyladowczych i innych maszyn budowlanych wykorzystywanych przy pracach ziemnych, jak również innych pracowników budowlanych, uczniów techników, studentów uczelni wyższych oraz małe i średnie przedsiębiorstwa, działające w sektorze budownictwa. W związku z dokonującym się postępowaniem w dziedzinie cyfryzacji zachodzi potrzeba opracowania narzędzi i aplikacji umożliwiających w łatwy i nieograniczony czasowo oraz przestrzennie sposób na dostęp do materiałów szkoleniowych. W tym właśnie celu opracowany został projekt setAR (rys. 5), zakładający m.in. dostęp do materiałów szkoleniowych w aplikacji przewidzianej na urządzenia iOS i Android OS.

Poprzez realizację celów projektu, którymi są m.in. opracowanie aktualnych szkoleń zawodowych, zapewniających dopasowanie rynku pracy do wymagań dotyczących umiejętności, projekt setAR jest zgodny z ramami ET2020. Dodatkowo jest on zbieżny z inicjatywą poszerzającą dostęp do edukacji poprzez Open Educational Resources (OER). Szkolenie setAR będzie dostępne dla wszystkich osób zainteresowanych, a jego innowacyjna forma spełnia wymagania ery digitalizacji [5].

Za promowanie projektu odpowiedzialny jest Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej (www.il.pw.edu.pl), kierownik projektu dr inż. Aleksander Nicał. Partnerami w projekcie są natomiast: University of Valencia, Hiszpania (www.uv.es), Polskie Stowarzyszenie Menedżerów Budownictwa (www.psbm.pl), Uniwersytet Techniczny w Darmstadt, Niemcy (www.tu-darmstadt.de) oraz Fundación Laboral de la Construcción, Hiszpania (www.fundacionlaboral.org).



Rys. 6. Wizualizacja 3D transportu koparki kołowej na przyczepie niskopodwoziowej



Rys. 7. Wizualizacja 3D skutków kolizji zestawu składającego się z ciągnika siodłowego i przyczepy niskopodwoziowej, na której umieszczona została koparka kołowa oraz braku zabezpieczenia koparki na znajdującej się na przyczepie niskopodwoziowej zestawu przejeżdżającego wiaduktem drogowym

Szczegółowymi rezultatami intelektualnymi projektu są:

- O1: Potwierdzenie wyników nauczania – ankietyzacja beneficjentów;
- O2: System szkoleniowy setAR;
- O3: Podręcznik setAR;
- O4: Aplikacja setAR na urządzenia android OS i iOS;
- O5: Markery setAR AR;
- O6: Filmy instruktażowe setAR.

Rezultaty intelektualne są w trakcie opracowywania, jednakże ich wybrane demonstracyjne wersje pokazano na rys. 6. W kolejnym etapie zestaw składający się z ciągnika siodłowego wraz z przyczepą niskopodwoziową przejeżdża pod wiaduktem. W wyniku nieprawidłowego zabezpieczenia ramienia z naczyniem roboczym, polegającego na niecałkowitym



Rys. 8. Wizualizacja 3D przyczepy niskopodwoziowej z widoczną koparką kołową

jego opuszczeniu, doszło do kolizji z przeszłym wiaduktem drogowym. Na rys. 7 widoczne są konsekwencje tego oraz innego błędu, polegającego na nieprawidłowym zabezpieczeniu koparki kołowej na przyczepie niskopodwoziowej zestawu przejeżdżającego wiaduktem drogowym.

W ramach szkolenia w projekcie setAR uczestnicy mają do dyspozycji także wizualizację 3D placu budowy, w której szkoleni są z zakresu prawidłowego umieszczania maszyn budowlanych na przyczepie niskopodwoziowej.

Zadaniem uczestnika szkolenia jest prawidłowe umieszczenie maszyny roboczej na widocznej przyczepie poprzez przeciągnięcie właściwej ikony w lewej części ekranu, umożliwiającej wybór danej maszyny budowlanej do transportu. Po wykonaniu tej czynności kursanci zobowiązani są wybrać prawidłowy osprzęt służący do zamocowania maszyny na przyczepie (rys. 8)

Widoczny w lewej górnej części ekranu osprzęt zabezpieczający transport koparki należy umieścić we właściwym miejscu przyczepy niskopodwoziowej. Nieprawidłowe umieszczenie sprzętu jest sygnalizowane kursantom poprzez aplikację.

4. Projekt związany z bezpieczeństwem robót rewitalizacyjnych i modernizacyjnych z wykorzystaniem immersive design

Projekt ID4Ex (ERASMUS+ numer: 2021-1-PL01-KA220-HED-000032239 pt. Immersive Design and New Digital Competences for the Rehabilitation and Valorisation of the Built Heritage) wpisuje się w strategię Europa 2030 w zakresie zwiększenia zatrudnienia oraz poprawy dostępu do edukacji poprzez wykorzystanie nowoczesnych technologii. W tym kontekście cyfryzacja sektora budowlanego przyczyni się do zwiększenia wydajności oraz poprawy poziomu bezpieczeństwa pracy. Immersyjne (tzw. angażujące użytkownika) podejście do projektowania to innowacja, która prowadzi do powstawania nowoczesnych, inkluzyjnych produktów i usług zachęcających do współpracy wszystkich interesariuszy danego procesu.

Promotorem projektu jest Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej (kierownik projektu dr inż. Jerzy Roślon), a partnerami: Centoform (organizacja szkoleniowa VET), Włochy; Association of Building Surveyors and Construction Experts, Irlandia; Universidade da Madeira, Portugalia; Özyeğin University, Turcja; Polskie Stowarzyszenie Menedżerów Budownictwa, Polska; MORE (firma informatyczna), Włochy oraz University of Ferrara, Włochy. Logo i link do strony projektu pokazano na rysunku 9.

Projekt adresowany jest przede wszystkim do studentów i uczelni wyższych, ale także do architektów, inżynierów, specjalistów w dziedzinie budownictwa oraz organizacji zajmujących się kształceniem.

Głównym celem projektu jest wspieranie rozwoju umiejętności i kompetencji poprzez inkluzyjne podejście do zagadnień

Rys. 9. Logo projektu oraz kod QR z dostępem do strony www



związanych z dziedzictwem budowlanym. W tym celu wykorzystane mają być nowoczesne rozwiązania: kluczowe technologie wspomagające (ang. *Key Enabling Technology*, KET), wirtualna rzeczywistość (ang. *Virtual Reality*, VR), immersyjne interaktywne doświadczenia (ang. *Immersive Interactive Experience*, IIE), czy zaawansowane modelowanie 3D. Dodatkowo projekt zakłada uaktualnienie i unowocześnianie istniejących programów szkoleniowych dotyczących dziedzictwa budowlanego dzięki nowoczesnym technologiom immersyjnym, podniesienie efektywności nauczania i uczenia się poprzez zastosowanie angażujących metod inkluzyjnych, zwiększenie synergii wykorzystania nowoczesnych technologii w zespołowym środowisku pracy, które jednocześnie zapewnia odpowiedni rozwój osobisty oraz zwiększenie współpracy między instytucjami edukacyjnymi i przedsiębiorstwami w UE w celu zwiększenia szans odbiorców projektu na zatrudnienie.

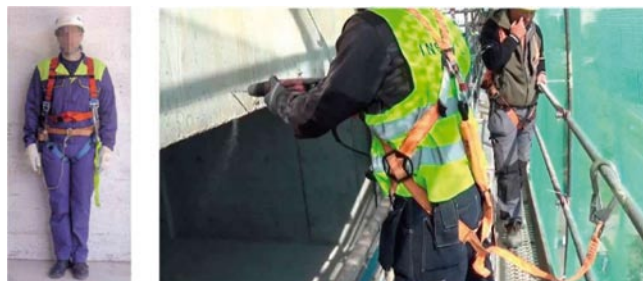
W ramach projektu powstają między innymi:

- raport dotyczący najlepszych praktyk i zastosowań technologii VR do renowacji i waloryzacji budynków o wysokim znaczeniu dla dziedzictwa kulturowego i budowlanego,
- moduły szkoleniowe dotyczące immersyjnego projektowania,
- zestaw cyfrowych narzędzi szkoleniowych dotyczący immersyjnego projektowania.

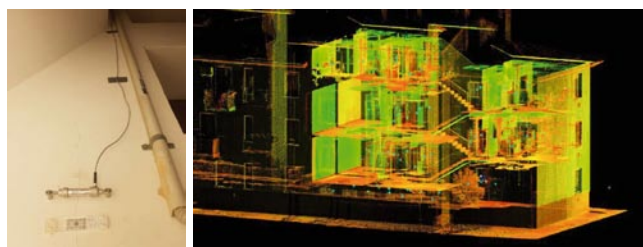
Wspomniany raport zawiera między innymi przykłady zastosowania rzeczywistości mieszanej (ang. *Mixed Reality*, MR) do poprawy bezpieczeństwa na budowach – rysunek 10, czy kontroli przemieszczeń występujących w trakcie użytkowania obiektów budowlanych – rysunek 11. Raport (dostępny na stronie projektu – rysunek 9) zawiera także linki do dodatkowych materiałów filmowych.

5. Podsumowanie

W ramach ponaddwudziestoletniej historii uczestnictwa WIL PW w projektach współfinansowanych z funduszy Unii Europejskiej, w ramach programów Leonardo da Vinci (LdV) oraz ERASMUS+ (a także Europejskiego Funduszu Społecznego) zbudowano olbrzymią sieć partnerską, łącząc uczelnie, firmy i organizacje zawodowe z krajów europejskich – od Islandii po Turcję oraz od Norwegii po Włochy. W dwudziestu pięciu pomyślnie zrealizowanych projektach oraz w trzech obecnie w fazie zakończenia zajmowano się przede wszystkim edukacją inżynierów i menedżerów budownictwa, w dostosowaniu do wymagań przemysłu oraz w celu ułatwienia rozpoznawania kwalifikacji menedżerskich na rynku budowlanym krajów Unii Europejskiej.



Rys. 10. Ćwiczenie na temat doboru środków ochrony indywidualnej



Rys. 11. Pomiary i dokumentacja wirtualna obiektu (University of Ferrara)

Zawsze zagadnienia związane z bezpieczeństwem i ochroną zdrowia w budownictwie były motywem przewodnim materiałów dydaktycznych. Dwadzieścia pięć lat temu zaczynaliśmy od wersji papierowych opracowywanych materiałów, zwykle drukowanych, obecnie przechodzimy na wykorzystanie nie tylko modnych, ale przede wszystkim bardzo użytecznych narzędzi i metodyki z zakresu rzeczywistości wirtualnej, rozszerzonej czy mieszanej (VR, AR, MR) oraz immersive design (nauczania angażującego wszystkich zainteresowanych). Nasze badania i osobiste doświadczenia jasno pokazują, że wyrasta nam pokolenie „informatyczne”, które coraz rzadziej posługuje się słowem drukowanym, także w ramach nauki. Z kolei starsi pracownicy bądź pracownicy produkcji bezpośrednio bardzo często nie mają czasu (albo ochoty) zapoznawać się z wielostronicowymi instrukcjami zastosowania danego urządzenia lub wdrożenia różnych procedur technologicznych. Film, zdjęcia, rysunki, gry i testy zmuszające do myślenia – rozwiązania danego problemu – są o wiele bardziej wydajne i lepiej postrzegane przez uczestników szkoleń. Opracowane w ramach prezentowanych projektów materiały szkoleniowe są innowacyjne, sporządzone we współpracy z przemysłem oraz organizacjami szkoleniowymi – zatem praktyczne oraz potrzebne.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Frydrych M., Kacprzak G., Nowak P., Hazard Reduction in Deep Excavations Execution, *Sustainability* 14(2)2022, str. 868
- [2] Rosłon J., Nowak P., Nicał A. K., Modern approach to education in construction industry, Gómez Chova L., López Martínez A., Candel Torres I. (red.), IATED Academy, *Edulearn Proceedings*, 2018
- [3] Nicał A. K., Książek M. V., Nowak P., Rosłon J., Foremny A. O., Distance Learning within Management in Construction – Polish, Norwegian and Icelandic Experiences in Blended Learning, *Procedia Engineering*, 2017
- [4] Nicał A., Nowak P., Rosłon J., Safe Earthworks Performance Education with Augmented Reality, *Edulearn22 Proceedings*, 2022, str. 2994–3000
- [5] Nicał A., Nowak P., Rosłon J., Szkolenie z wykorzystania technologii rzeczywistości rozszerzonej w wybranych obszarach budownictwa w UE, *Przegląd Budowlany* 10/2021, str. 36–38