

## WYKORZYSTANIE WIRTUALNEJ RZECZYWISTOŚCI JAKO NOWOCZESNEGO NARZĘDZIA WSPARCIA W KSZTAŁCENIU INŻYNIERÓW

Kinga KORNIEJENKO

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Mechaniczny, Instytut Inżynierii Materiałowej  
tel.: 0048 609 97 49 88 e-mail: kinga.korniejenko@mech.pk.edu.pl

**Streszczenie:** W ostatnich latach wirtualna i rozszerzona rzeczywistość znajduje coraz szersze zastosowanie w różnych dziedzinach ludzkiej działalności, w tym w edukacji. Celem artykułu jest analiza możliwości wykorzystania innowacyjnych narzędzi, opartych na rzeczywistości wirtualnej i rozszerzonej, w procesie kształcenia w szkołach wyższych na kierunkach technicznych. Artykuł przedstawia obecne zastosowania rzeczywistości wirtualnej i rozszerzonej w edukacji inżynierów różnych specjalności w oparciu o studia przypadków. W artykule przedstawiono korzyści i potencjalne zagrożenia związane z korzystaniem z tego rodzaju wsparcia dydaktycznego. Główne zastosowane metody badawcze to krytyczna analiza literatury przedmiotu poparta studiami przypadku, w tym opis studium przypadku zastosowania rzeczywistości rozszerzonej w kształceniu w zakresie budownictwa analizowanego w ramach wizyty studyjnej na uniwersytecie Pontificia Universidad Católica del Perú.

**Słowa kluczowe:** rzeczywistość wirtualna, rzeczywistość rozszerzona, wizualizacja 3D, edukacja.

### 1. WSTĘP

#### 1.1. Rzeczywistość wirtualna jako e-technologie

E-technologie są obecnie powszechnie stosowane w kształceniu. W 2015 roku prawie połowa studentów na świecie uczestniczyła w przynajmniej jednym kursie on-line [1]. Wraz z popularyzacją e-technologii rosną też wymagania w stosunku do nich. Obecnie tradycyjny e-learning stał się powszechny i aby przyciągnąć uwagę słuchaczy potrzebne są bardziej atrakcyjne środki przekazu. Jednocześnie następuje szybki rozwój technologii związanych z wirtualną i rozszerzoną rzeczywistością [2]. Świat wirtualny staje się naturalnym środowiskiem dla studentów, a realizacja zajęć w laboratoriach wirtualnych i zdalnych jest zgodna z ich oczekiwaniami [3,4]. Przy czym niebagatelną rolę odgrywają popularne obecnie urządzenia haptyczne, w szczególności smartfony i tablety, które w wirtualnych laboratoriach bardzo często odgrywają rolę urządzenia dostępowego stanowiącego jego integralną część [1] oraz popularne wśród młodzieży gry tj. Pokemon Go!, gdzie mamy do czynienia z rzeczywistością rozszerzoną [2].

Warto przy tym zauważyć, że wirtualne laboratoria są pozbawione większości wad laboratorium z dostępem zdalnym (opartego na rzeczywistym sprzęcie), w postaci ograniczenia liczby osób korzystających z nich oraz niewielkiej możliwości rozwijania pracy grupowej [5,6].

Należy również wspomnieć, że badania pokazują porównywalną efektywność edukacyjną laboratoriów

wirtualnych z laboratoriami prowadzonymi w sposób tradycyjny [6,7]. W prowadzonych na studentach testach uczestnicy uzyskiwali zbliżone efekty kształcenia niezależnie od formy zajęć. Znacząco lepsze efekty, były uzyskiwane dopiero przez połączenie obu form laboratorium [8,9]. W szczególności warte rozważenia jest przygotowanie w laboratorium wirtualnym do wykonywania laboratorium na urządzeniach badawczych, które stwarza nowe możliwości m.in. bardziej efektywnego wykorzystania czasu potrzebnego na eksperyment [10]. Przy czym dla studentów obie te formy zajęć są tak samo interesujące.

W przypadku porównania atrakcyjności e-learningu czy m-learningu i zajęć z wykorzystaniem wirtualnej czy rozszerzonej rzeczywistości studenci zdecydowanie preferują zajęcia z wykorzystaniem wirtualnej i/lub rozszerzonej rzeczywistości [11]. W tym kontekście warto również wspomnieć o adaptacji zajęć prowadzonych w rzeczywistości wirtualnej z otwartymi kursami on-line tzw. MOOC (ang. *Massive Open Online Course*) [12], które mogą zapewnić powszechny dostęp do atrakcyjnych form szkolenia, nie tylko uczestnikom kształcenia na poziomie wyższym.

#### 1.2. Rozwój oraz obecne możliwości technologii

Początki wirtualnej rzeczywistości można datować na rok 1957, kiedy to Morton Helig pracował nad projektem nazwanym Sensorama. Konstrukcja ta miała podczas projekcji obrazu angażować wszystkie zmysły widza. Projekt ten jednak nie doczekał się nigdy szerszego zastosowania ze względu na wysoką cenę [13]. Kolejnym wynalazkiem związanym z rzeczywistością alternatywną rzeczywistością był prototyp hełmu wirtualnego pod nazwą Head Mounted Display opracowany w 1966 roku przez Ivana Sutherlanda profesora Uniwersytetu Harvardzkiego. Również i ten wynalazek nie został rozpropagowany. Główną barierą była zbyt duża waga urządzenia [13].

Faktyczny rozkwit „wirtualnej rzeczywistości” nastąpił dopiero w latach 90tych XX wieku [2, 13]. Wtedy też, obok terminu wirtualna rzeczywistość (ang. *virtual reality*), zaczął funkcjonować termin rozszerzona rzeczywistość (ang. *augmented reality*). Pierwszy z nich oznacza, że przed oczami użytkownika wyświetlane jest w pełni sztuczne środowisko, w którym dana osoba może swobodnie się rozglądać (a nawet poruszać). Termin rozszerzona rzeczywistość oznacza środowisko, które opiera się na nałożeniu na rzeczywisty obraz sztucznie

wygenerowanych elementów [14]. Chociaż należy zauważyć, że pojęcia te, również w literaturze naukowej, bywają używane zamiennie.

Sam termin rozszerzona rzeczywistość został wprowadzony przez Toma Caudell i Davida Mizell pracujących w firmie Boeing. Stworzyli oni pierwsze systemy, które służyły do treningu pilotów [10]. Kolejnym krokiem były zastosowania w dziedzinie medycyny. Następnie rozwój wirtualnej rzeczywistości został zdynamizowany przez branżę rozrywki, w szczególności gry komputerowe.

Obecnie wirtualna rzeczywistość znajduje zastosowanie nie tylko w branży rozrywkowej, ale w coraz to nowych aplikacjach komercyjnych m.in. w medycynie [15, 16], przy konserwacji i naprawach złożonego sprzętu [17], w zakresie zwiększenia bezpieczeństwa w procesie produkcji, w tym dopasowane do maszyn narzędzia [18], w zastosowaniach militarnych oraz szkolnictwie. Jest ona wykorzystana w edukacji od poziomu szkoły podstawowej do poziomu studiów wyższych [19], a także w kształceniu zawodowym [10].

### 1.3. Bariery zastosowania wirtualnej rzeczywistości w kształceniu inżynierów

Technologie wirtualne, jednak to nie same zalety, posiadają one znaczące ograniczenia. Podstawowym z punktu widzenia uczelni jest posiadane odpowiedniego sprzętu i oprogramowania [5]. Nie zawsze są dostępne systemy pod odpowiednie laboratoria. Czasem wymagają one zastosowania rozwiązań dedykowanych, które nie są tanie (choć i tak z reguły wielokrotnie tańsze niż sprzęt laboratoryjny) oraz wymagają znaczącego nakładu czasu na ich przygotowanie.

Kolejnym ograniczeniem jest odpowiednia wiedza i przeszkolenie. Badania pokazują, że nie zawsze nauczyciele korzystają w pełni z możliwości oferowanych przez wirtualne technologie [20]. Dotyczy to również kadry akademickiej.

Dyskusyjne może być również nabywanie ekwiwalentnych umiejętności w treningu wirtualnym i w laboratoriach prowadzonych na rzeczywistym sprzęcie. Chociaż, jak omówione zostało we wcześniejszej części artykułu, studenci posiadali takie same kompetencje związane z danym zagadnieniem, to jednak warto zastanowić się czy rzeczywiście nabywają oni podobne umiejętności. Pierwszą kwestią są inaczej rozwijane zdolności motoryczne [10]. Bardziej istotnym zagadnieniem jest rozwój określonych cech charakteru. W przypadku laboratorium wirtualnego student ma wrażenie, że gra w grę wideo i nic poważnego w rzeczywistości nie może się zdarzyć, takie zajęcia nie rozwijają rzeczywistego poczucia odpowiedzialności [5].

## 2. WYKORZYSTANIE WIRTUALNEJ RZECZYWISTOŚCI W KSZTAŁCENIU INŻYNIERÓW – PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIA

### 2.1. Inżynieria materiałowa

Zobrazowanie procesów chemicznych, reakcji, struktury materiałów, budowy cząstek chemicznych, a także wizualizacja pola magnetycznego i elektromagnetycznego, oraz przepływów i innych zagadnień mechaniki, w tym zachowania materiałów [10,21] są podstawowymi zadaniami, do których laboratorium wirtualne może być

wykorzystane przy kształceniu przyszłego inżyniera materiałowego. Interesujące możliwości w tym zakresie oferuje wirtualne laboratorium pod nazwą "Ironmaking", które zostało opracowane na Uniwersytecie RWTH Aachen w Niemczech [5]. Za pomocą tego systemu możliwe jest wprowadzanie zagadnień dotyczących złożonych procesów technologicznych. System dedykowany jest zagadnieniom procesu wielkopiecowego. Uwzględnia on liczne, złożone zjawiska występujące w tym procesie, w szczególności zjawiska mechaniczne, hydrauliczne i fizyko-chemiczne [5].

Innym przykładem możliwości wsparcia procesu kształcenia jest opracowany system w zakresie wizualizacji zagadnień z zakresu spawalnictwa opracowany na Politechnice Krakowskiej, który wykorzystuje elementy laboratorium zdalnego [22].

### 2.2. Budownictwo i architektura

Budownictwo, architektura, a także inne kierunki pokrewne mają duże możliwości wsparcia kształcenia przyszłych inżynierów laboratoriami z wykorzystaniem rozszerzonej rzeczywistości. Pozwalają one na rozwój elementów wyobraźni przestrzennej, który jest szczególnie istotny dla studentów architektury [23]. Podczas edukacji w szkole wyższej kompetencje związane z informacją przestrzenną są rozwijane na wiele sposobów, począwszy od tradycyjnych metod, takich jak drukowane plany i modele fizyczne (2D i 3D), aż po nowoczesne metody wizualizacyjne. Nowoczesne metody kreowane w oparciu o przestrzeń wirtualną pomagają w lepszym zrozumieniu projektów architektonicznych przez studentów. Dodatkowo obniżają one koszty w fazie prezentacji projektu – umożliwiają uniknięcia tworzenia kosztownych modeli i drukowanych prezentacji [4,23].

Wirtualna rzeczywistość staje się obecnie standardem w budownictwie. Bardzo często jest ona elementem wbudowanym w tzw. technologie BIM (ang. *Building Information Modeling*) [11,18,24].

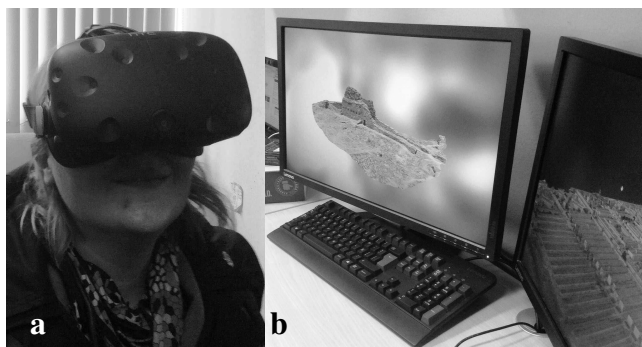
Interesującym przykładem jest wykorzystanie technologii wirtualnych w zakresie wirtualizacji dziedzictwa kulturowego [25,26]. Taką możliwość daje system opracowany przez uniwersytet Pontificia Universidad Católica del Perú. Opiera się on na wykorzystaniu dronów do rejestracji obrazu przestrzennego (rys. 1).



Rys. 1. Drony używane przez Pontificia Universidad Católica del Perú do rejestracji obrazów będących bazą dla tworzenia wizualizacji przestrzennej obiektów dziedzictwa kulturowego

Następne dokonywana jest obróbka cyfrowa przetwarzanie komputerowe (rys. 2b). Odpowiednio przetworzony obraz jest możliwy jest do obserwacji przez okulary (rys. 2a). System umożliwia obserwację

przestrzenną. Zmiany położenia głowy dają możliwość obserwacji różnych fragmentów obiektu.



Rys. 2. a) Obserwacja z użyciem gogli 3D, b) Fragment obrazu przetwarzany cyfrowo

System wykorzystywany jest obecnie zarówno do pracy naukowej [26], jak i do kształcenia studentów, w szczególności studiów magisterskich oraz doktoranckich.

### 2.3. Inne kierunki techniczne

Szerokie zastosowanie mają systemy wirtualne w kształceniu na kierunku inżynieria produkcji. Przykładem jest narzędzie pod nazwą VCIMLAB (Virtual CIM Laboratory), które zostało opracowane na Eastern Mediterranean University, Cypr. Jest to aplikacja edukacyjna podejmująca tematykę komputerowo zintegrowanej produkcji i zautomatyzowanych systemów produkcyjnych, które wykorzystują roboty przemysłowe, maszyny CNC i urządzenia do automatycznego montażu [5]. Inną możliwością jest zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości w ocenie cyklu życia produktu (analizie LCA) [18].

Kolejnym przykładem jest system o nazwie TEALsim, opracowany w MIT (Massachusetts Institute of Technology). System jest dedykowany do zagadnień związanych ze zjawiskami elektromagnetycznymi i może być używany w kształceniu na takich kierunkach jak elektronika czy mechanika. Wizualizuje on linie pola magnetycznego, pomagając w zrozumieniu zagadnień elektromagnetyzmu [5].

Przykładowych rozwiązań w wykorzystaniu technologii wirtualnej jest oczywiście więcej. Prowadzone są symulacje procesu chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD) [5], wizualizuje się zagadnienia związane z produkcją biopaliw [27] czy energią odnawialną [28]. Wszystkie te narzędzia stanowią cenne uzupełnienie w procesie kształcenia inżynierów.

## 3. MOŻLIWOŚCI ROZWOJU TECHNOLOGII

Możliwości rozwoju technologii wirtualnych dopiero zostają rozpoznane i są aplikowane do coraz to nowych zagadnień. Zalety wirtualnych laboratoriów, a w szczególności efektywność kosztowa, możliwość wielokrotnego powtarzania eksperymentu, jednoczesny dostęp dla wielu studentów, możliwości modyfikacji i testowania parametrów, które nie byłyby możliwe do przetestowania na posiadanym rzeczywistym sprzęcie, uniknięcie ryzyka zniszczenia aparatury, stanowią podstawę dla ich dalszego rozwoju [5]. W przyszłości możliwe będzie nie tylko doskonalenie już istniejących rozwiązań i wprowadzanie do nich nowych scenariuszy, ale również opracowywanie nowych wirtualnych modeli dla kształcenia inżynierów. Przewiduje się, że pod uwagę zostaną wzięte

różnego rodzaju zagadnienia unikatowe dla danych dyscyplin.

Widocznym trendem jest również coraz większa indywidualizacja kształcenia [5]. Przewiduje się, że również zagadnienia związane z laboratoriami wirtualnymi uwzględnią tą kwestię. Coraz więcej systemów będzie umożliwiało personalizację zagadnień z danej tematyki oraz podejście zindywidualizowane.

W przypadku laboratoriów wirtualnych gro kosztów z nimi związanych ponoszonych jest w pierwszej fazie projektowania i rozwoju, dlatego jednym z istotnych zagadnień, które pojawią się w najbliższym czasie, będzie możliwość dzielenia laboratoriów pomiędzy uniwersytetami prowadzącymi pokrewne kierunki kształcenia [29].

## 4. WNIOSKI KOŃCOWE

Korzystanie z wirtualnej rzeczywistości w edukacji w zakresie nauk technicznych jest obecnie niezbędne w nowoczesnym kształceniu. Artykuł przedstawia obecne zastosowania rzeczywistości wirtualnej i rozszerzonej w kształceniu inżynierów różnych specjalności w oparciu o studia przypadków. Pokazuje on, że możliwe jest wykorzystanie wirtualnego wsparcia w praktycznie każdym obszarze kształcenia na studiach technicznych. Wykorzystanie tych możliwości sprawia, że proces kształcenia staje się bardziej przyjazny i interesujący dla odbiorców - studentów. Badania wykazują, że efekty kształcenia osiągnęte dzięki laboratorium wirtualnemu, a tym z wykorzystaniem rzeczywistych urządzeń są podobne. Najlepsze efekty są jednak osiągnęte przez połączenie tych dwóch form edukacji.

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. STATISTA: E-learning and digital education, 2017, [dok. elektr.], <https://www.statista.com/topics/3115/e-learning-and-digital-education/> [dostęp: 28-12-2017]
2. Raja V., Calvo P.: Augmented reality: An ecological blend, *Cognitive Systems Research*, Nr 42, 2017, s. 58-72.
3. Frank J.A., Kapila V.: Mixed-reality learning environments: Integrating mobile interfaces with laboratory test-beds, *Computers & Education*, Nr 110, 2017, s. 88-104.
4. Turkana Y., Radkowski R., Karabulut-Ilgü A., Behzadan A.H., Chen A.: Mobile augmented reality for teaching structural analysis, *Advanced Engineering Informatics*, Nr 34, 2017, s. 90-100.
5. Potkonjak V., Gardner M., Callaghan V., Mattila P., Guehl Ch., Petrovi V.M., Jovanovi K: Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review, *Computers & Education*, Nr 95, 2016, s. 309-327.
6. Heradio R., de la Torre L., Galan D., Cabrerizo F.J., Herrera-Viedma E., Dormido S.: Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis, *Computers & Education*, Nr 98, 2016, s. 14-38.
7. Tzafestas, C., Palaiologou, N., Alifragis, M.: Virtual and remote robotic laboratory: comparative experimental evaluation, *IEEE Transactions on Education*, Nr 49(3), 2006, s. 360-369.
8. Wiesner, T. F., Lan, W.: Comparison of student learning in physical and simulated unit operations experiments.

- Journal of Engineering Education, Nr 93(3), 2004, s. 195-204.
9. Zacharia, Z.: Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits, *Journal of Computer Assisted Learning*, Nr 23(2), 2007, s. 120-132.
  10. Akçayir M., Akçayir G., Pektas, H.M., Ocak M.A.: Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories, *Computers in Human Behavior*, Nr 57, 2016, s. 334-342.
  11. Joo-Nagata J., Martinez Abad F., García-Bermejo Giner J., García-Peñalvo F.J.: Augmented reality and pedestrian navigation through its implementation in m-learning and e-learning: Evaluation of an educational program in Chile, *Computers & Education*, Nr 111, 2017, s. 1-17.
  12. Vaughan N., Gabrys B., Dubey V.N.: An overview of self-adaptive technologies within virtual reality training, *Computer Science Review*, Nr 22, 2016, s. 65-87.
  13. Carmigniani, J., Furht, B.: Augmented reality: An overview, [w:] Furht B. (red.): *Handbook of augmented reality*, Springer, Nowy Jork 2011.
  14. Li X., Yi W., Chi H.-L., Wang X., Chan A.P.C.: A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety, *Automation in Construction*, Nr 86, 2018, s. 150-162.
  15. Huang, H., Liaw, S., Lai, C.: Exploring learner acceptance of the use of virtual reality in medical education, *Interactive Learning Environments*, Nr 24 (1), 2016, s.3-19.
  16. Hsu W.Y.: Brain-computer interface connected to telemedicine and telecommunication in virtual reality applications, *Telematics and Informatics*, Nr 34 (4), 2017, s. 224-238.
  17. Alam M.F., Katsikas S., Beltramello O., Hadjiefthymiades S.: Augmented and virtual reality based monitoring and safety system: A prototype IoT platform, *Journal of Network and Computer Applications*, Nr 89, 2017, s. 109-119.
  18. Tati D., Teši B.: The application of augmented reality technologies for the improvement of occupational safety in an industrial environment, *Computers in Industry*, Nr 85, 2017, s. 1-10.
  19. Ferrer-Torregrosa J., Torralba J., Jimenez M., García S., Barcia J.: ARBOOK: development and assessment of a tool based on augmented reality for anatomy, *Journal of Science Education and Technology*, Nr 24(1), 2015, 119-124.
  20. Derboven J., Geerts D., De Grooff D.: Appropriating virtual learning environments: A study of teacher tactics, *Journal of Visual Languages & Computing*, Nr 40, 2017, s. 20-35.
  21. Restivo, M., Mendes, J., Lopes, A., Silva, C., & Chouzal, F.: A remote laboratory in engineering measurement, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Nr 56(12), 2009, 4836-4843.
  22. Korniejenko K.: Możliwości wykorzystania narzędzi m-nauczania dla studiów podyplomowych w zakresie spawalnictwa, *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej*, Nr 48, 2016, s. 41-46.
  23. Fonseca D., Valls F., Redondo E., Villagrasa S.: Informal interactions in 3D education: Citizenship participation and assessment of virtual urban proposals, *Computers in Human Behavior*, Nr 55(A), 2016, s. 504-518.
  24. Wang X., Truijens M., Hou L., Wang Y., Zhou Y., Integrating Augmented Reality with Building Information Modeling: onsite construction process controlling for liquefied natural gas industry, *Automation in Construction*, Nr 40, 2014, s. 96-105.
  25. Fernández-Palacios B.J., Morabito D., Remondino F.: Access to complex reality-based 3D models using virtual reality solutions, *Journal of Cultural Heritage*, Nr 23, 2017, s. 40-48.
  26. Aguilar R., Montesinos M., Uceda S.: Mechanical characterization of the structural components of Pre-Columbian earthen monuments: Analysis of bricks and mortar from Huaca de la Luna in Perú, *Case Studies in Construction Materials*, Nr 6, 2017, s. 16-28.
  27. Redel-Macías M.D., Pinzi S., Martínez-Jimenez M.P., Dorado G., Dorado M.P.: Virtual laboratory on biomass for energy generation, *Journal of Cleaner Production*, Nr 112, 2016, s. 3842-3851.
  28. Barry D.M., Kanematsu H., Lawson M., Nakahira K., Ogawa N.: Virtual STEM activity for renewable energy, *Procedia Computer Science*, Nr 112, 2017, s. 946-955
  29. Heradio R., de la Torre L., Dormido S.: Virtual and remote labs in control education: A survey, *Annual Reviews in Control*, Nr 42, 2016, s. 1-10.

## **THE POSSIBILITY OF USING VIRTUAL REALITY AS INNOVATIVE TOOLS FOR SUPPORTING ENGINEERS EDUCATION**

The main motivation for research work is development of new based on virtual and augmented reality. This tools become more and more popular in different area of human activities, including education. Some of them is also applicable for engineering curricula. The aim of the article is to analyse the possibility of using innovative tools such as virtual and augmented reality for support in higher education. It presents different way of application virtual and augmented reality in higher education based on case studies form engineering, exemplary possibilities of education further material engineers, civil engineers, mechanical engineers and other specialists. The article presents benefits and potential threats for using this kind of tools. The research methods used in this article are a critical analysis of literary sources supported by case studies from literature and case study from collaborating university - Department of Engineering, Civil Engineering Division, Pontificia Universidad Católica del Perú. The university developed the system based on augmented reality that is using for visualisation cultural heritage objects. The system is used for education as well as research purposes.

**Keywords:** virtual reality, augmented reality, 3D visualization, education.