

Rzeczywistość rozszerzona w nauczaniu i uczeniu się

Andrzej Postawa
Politechnika Wrocławska

Streszczenie: Wirtualna rzeczywistość od wielu lat nie tylko zachwyca miliony zwolenników gier komputerowych, lecz także znajduje zastosowanie w edukacji. Daje ona możliwość zanurzenia się w wirtualnym świecie, jednocześnie odrywając użytkownika treści cyfrowych od świata realnego. Rzeczywistość rozszerzona (RR) natomiast przenosi treści cyfrowe na osobowy odbiór realnego świata, by w ten sposób połączyć środowisko wirtualne z realnym. Również rzeczywistość rozszerzona coraz częściej jest wykorzystywana w edukacji. Jej zastosowanie można znaleźć w nauce architektury, archeologii, antropologii, astronomii, biologii, chemii, fizyki, geografii, historii, matematyki i w nauce języków obcych. Pomaga ona w rozwijaniu specyficznych umiejętności, mających zastosowanie w medycynie, wojsku, lotnictwie, grach komputerowych czy produkcji filmowej oraz w zdobywaniu różnego typu kompetencji inżynierskich.

Słowa kluczowe: edukacja, nowe technologie, rzeczywistość rozszerzona, świat wirtualny, treści cyfrowe

Charakterystyka rzeczywistości rozszerzonej

Rzeczywistość rozszerzona (*augmented reality*) to pojęcie, w którym ogląd rzeczy jest modyfikowany przez takie urządzenia, jak komputer, smartfon czy tablet. Jeśli wirtualna rzeczywistość jest symulacją świata realnego, to rzeczywistość rozszerzona (RR) próbuje połączyć świat wirtualny z rzeczywistym. Dokonuje się to poprzez nałożenie treści cyfrowej (*digital content*) na obiekty realnego świata, ponieważ RR przenosi te dane na osobowy odbiór realnego świata. Przykładem takiego urządzenia może być umieszczony na głowie konstruktora budowlanego specjalny hełm, który jest wyposażony w odpowiednie urządzenia, dzięki którym wyświetla informacje o placu budowy.

Głębsze podejście do definicji RR uwypukla jej dwie kategorie: sensoryczną, skupiającą wirtualną zawartość percepcji realnego świata, oraz manipulacyjną, która zawiera ruchową oraz opartą na gestach interakcję ze światem wirtualnym. Ta druga kategoria RR używa interfejsu człowiek-maszyna (HMI – Human-Machine Interface) do interakcji z treściami cyfrowymi.

Zawartość RR może być zobrazowana poprzez urządzenia wyświetlające lub nakładające treści cyfrowe na obraz realnego świata. Sytuacja powyższa może nastąpić poprzez pojedynczy interfejs, który pozwala na postrzeganie treści rozszerzonych tylko przez jednego użytkownika, oraz przez wspólnie dzielony interfejs, dzięki któremu wielu użytkowników postrzega treści cyfrowe jednocześnie¹.

W latach 50. XX wieku operator filmowy Morton Heilig stworzył symulator do percepcji wizji, dźwięku, wibracji i zapachu, a w następnej dekadzie Ivan Sutherland wynalazł wyświetlacz będący oknem do świata wirtualnego². W 1992 roku Louis Rosenberg rozwinął jeden z pierwszych systemów rzeczywistości rozszerzonej, nazywany wirtualnym urządzeniem³. Rok później Pierre Wellner wraz ze współpracownikami napisał publikację na temat środowiska rozszerzonego⁴. W 2000 roku Bruce Thomas zaprezentował ARQake, pierwszą grę w rzeczywistości rozszerzonej, a dziewięć lat później RR trafiła do przeglądarki internetowej za sprawą ARToolkit⁵. W 2013 roku Google ogłosił otwarty test dla Okularów Google, które łączą się z Internetem za pomocą technologii bluetooth. Okulary odpowiadają na mowę, dotyk oraz ruchy głowy użytkownika. Rok później hiszpańska firma Mahei stworzyła pierwszą generację edukacyjnych zabawek w systemie RR⁶. W 2015 roku Microsoft zaprezentował Windows Holographic oraz okulary rozszerzonej rzeczywistości HoloLens, które używają wielu czujników w celu połączenia hologramów ze światem rzeczywistym. Na konferencji TED w lutym 2016 roku przedstawiono zestaw słuchawkowy Meta rozszerzonej rzeczywistości, który pokazuje treści cyfrowe nałożone na widok użytkownika i jest podatny na ręczną manipulację. Można również użyć zestawu do połączenia telefonicznego, by „zobaczyć” te osoby w 3D. RR nakłada rzeczywistość cyfrową na fizyczną, co może mieć więcej praktycznych zastosowań niż w przypadku rzeczywistości wirtualnej, która oddziela użytkownika od prawdziwego otoczenia. Twórca zestawu Meta Meron Treasure twierdzi, że opracowuje doświadczenia, które scalają sztukę

1 R. H. Kinshuk, J. M. Spector, *Reshaping learning. Frontiers of learning technology in a global contexts*, Berlin-Heidelberg 2013, s. 392.

2 I. E. Sutherland, *A head-mounted three-dimensional display*, Massachusetts 1968, http://90.146.8.18/en/archiv_files/19902/E1990b_123.pdf, dostęp: 8.11.2016.

3 L. B. Rosenberg, *The use of virtual fixtures to enhance operator performance in telepresence environments*, „SPIE Telemanipulator Technology” 1993, t. 2057.

4 P. Wellner, W. Mackay, R. Gold, *Back to the real world*, „Communications of the ACM” 1993, t. 36, nr 7, s. 24–26.

5 Ch. Cameron, *Flash-based AR gets high-quality markerless upgrade*, 9.07.2010, <http://readwrite.com/2010/07/09/flash-based-ar-gets-high-quality-markerless-upgrade>, dostęp: 8.11.2016.

6 <http://mahei.es/index.php?lang=en>, dostęp: 8.11.2016.

projektowania interfejsu użytkownika z nauką o mózgu, tworząc „naturalne maszyny”, które stają się rozszerzeniem ludzi⁷.

Jakie są cechy charakterystyczne RR? Tym, co ją wyróżnia, jest jej związek sensoryczny ze światem rzeczywistym. System zbiera różne formy danych o świecie, których doświadcza użytkownik. Percepcja sensoryczna obejmuje dane video, audio, dotyk, lokalizację (GPS czy GSM), ruch lub sygnały bezprzewodowe, jak wifi czy bluetooth. Sygnały z czujników są wykorzystywane w czasie rzeczywistym. Niektóre informacje mogą być przechowywane do późniejszej analizy lub udostępniania, lecz przynajmniej część danych jest używana w czasie rzeczywistym.

Informacje gromadzone i przetwarzane przez system są nakładane na percepcję użytkownika w najbliższym otoczeniu. W rzeczywistości rozszerzonej informacja może być przekazana użytkownikowi za pośrednictwem różnych urządzeń, takich jak ekran, głośnik lub dotykowe sprzężenie zwrotne (np. wibracje, impulsy powietrza). Systemy rozszerzonej rzeczywistości należą do kategorii Internetu Rzeczy (np. okulary RR) lub telefonów komórkowych.

Informacje dostarczane przez system do użytkownika są kontekstowe i czasowe, co oznacza, że dotyczą tego, co użytkownik obecnie przeżywa. Na przykład: tłumaczenie w czasie rzeczywistym, ocena spotkań na ulicy budynków lub czas przyjazdu autobusu podczas oczekiwania na przystanku. Informacja zwrotna użytkownika śledzi obiekty w czasie rzeczywistym. Na przykład rozpoznawanie twarzy i jej etykietowanie następuje w czasie przechodzenia danej osoby przez pole widzenia użytkownika⁸.

Fenomen pokémonów ponownie dał znać o sobie w połowie 2016 roku, gdy ludzie na całym świecie zaczęli je chwycić w lokalizacjach realnego świata i przy pomocy technologii GPS. PokémonGo to gra zachęcająca do aktywności fizycznej oraz poznawania nowych miejsc. Była ona jedną z najczęściej używanych aplikacji mobilnych w 2016 roku, zostając pobraną ponad 500 milionów razy. Małe urządzenie o nazwie PokémonGo Plus umożliwia udział w grze nawet w przypadku, gdy użytkownik nie patrzy na swojego smartfona. Urządzenie łączy się ze smartfonem przez połączenie bluetooth i powiadamia gracza o dostępnych w pobliżu pokémonach za pomocą diod LED i wibracji. Gracz może nacisnąć przycisk, by złapać pokémona lub odebrać przedmioty z pokestopu⁹. Gra szybko stała się jedną z najbardziej używanych aplikacji, przenosząc rzeczywistość rozszerzoną do głównego nurtu nowoczesnych technologii¹⁰.

7 J. Wakefield, *TED 2016. Meta augmented reality headset demoed at TED*, 17.02.2016, www.bbc.com/news/technology-35583356, dostęp: 10.11.2016.

8 R. Calo, *Augmented reality. A technology and policy primer*, Washington 2015, http://techpolicylab.org/wp-content/uploads/2016/02/Augmented_Reality_Primer-TechPolicyLab.pdf, dostęp: 11.11.2016.

9 A. Frank, *Pokémon Go Plus. Everything you need to know (update)*, „Polygon”, 16.09.2016, www.polygon.com/2016/7/11/12153040/pokemon-go-plus-price-info-and-release-date, dostęp: 11.11.2016.

10 S. Bond, *After the success of Pokémon GO. How will augmented reality impact archaeological sites?*, „Forbes”,

Philip Kollar i Allegra Frank są zdania, że PokémonGo jest interesującym doświadczeniem społecznym, chociaż nie są pewni, jak długo gra będzie trwać. W zależności od tego, jak często firma Niantic będzie ją aktualizowała, może ona trwać latami lub tylko parę miesięcy¹¹. Inni krytycy wyrażają bardziej negatywne opinie na jej temat – ulega częstym awariom technicznym, jest rozrywką infantylną, często powoduje nieszczęśliwe wypadki drogowe wśród graczy¹². Tylko w Japonii w 2016 roku udokumentowano kilkadziesiąt takich zdarzeń¹³.

Systemy RR mogą być oparte na znacznikach (*markers*). Znaczniki to wizualne znaki, które powodują wyświetlanie wirtualnej informacji. Są nimi zwykle obrazy lub małe obiekty, które rozpoznają kamery. Po rozpoznaniu znacznika dane informujące o jego położeniu, wielkości oraz ruchu są przenoszone do rzeczywistości wirtualnej. Aplikacje, które nie są oparte na znacznikach, wymagają zaś systemu śledzenia obejmującego GPS, kompas i urządzenie rozpoznawania obrazu. Aplikacje te mają szersze zastosowanie, ponieważ funkcjonują bez potrzeby specjalnego oznakowania.

Znaczniki ramowe to zwykle dwuwymiarowe obrazy posiadające najczęściej czarną ramkę, która pomaga systemowi określić znajdujący się wewnątrz niej znacznik. W zależności od pozycji ramki system może wyodrębnić położenie znacznika w stosunku do kamery. Wieloznaczniki to grupa pojedynczych znaczników połączonych wzajemnymi zależnościami. Oprócz dwuwymiarowych znaczników istnieją także trójwymiarowe, oparte na technologii SLAM (*simultaneous localization and mapping*), które wyodrębniają informacje z otoczenia w czasie rzeczywistym i wykorzystują je do umieszczenia w tym otoczeniu wirtualnego obiektu.

Śledzenie przedmiotów sprowadza się do obliczenia współrzędnych konturu obiektu pomiędzy kamerą i przedmiotem. Podejście to jest następnie rozwijane do modelu 3D rzeczywistości rozszerzonej¹⁴. RR pozwala na wizualizację modeli w czasie rzeczywistym i w środowisku realnym. Wcześniej RR była wykorzystywana do gier, wizualizacji architektonicznych, inżynierii bądź produkcji filmowej. Pierwsze doświadczenia RR były możliwe na dwa sposoby: tworzenie własnej zawartości 3D lub rozpoczynanie od gotowych modeli z biblioteki 3D. Najczęściej do tworzenia modeli 3D używa się

17.07.2016, www.forbes.com/sites/drsarahbond/2016/07/17/after-the-success-of-pokemon-go-how-will-augmented-reality-impact-archaeological-sites/#56fae3b24c77, dostęp: 8.11.2016.

11 P. Kollar, A. Frank, *Pokemon Go review*, „Polygon”, 14.07.2016, www.polygon.com/2016/7/14/12183956/pokemon-go-review-ios-android-nintendo-niantic-company-mobile-game, dostęp: 11.11.2016.

12 M. Peckham, *Review. Pokemon Go is an ingenious idea with too many rough edges*, „Time”, 12.07.2016, <http://time.com/4401279/pokemon-go-review>, dostęp: 11.11.2016.

13 R. McCormick, *Driver distracted by Pokémon Go kills woman in Japan*, „The Verge”, 25.08.2016, www.theverge.com/2016/8/25/12637878/pokemon-go-driver-kills-woman-japan, dostęp: 11.11.2016.

14 A. Comport [i in.], *Real-time markerless tracking for augmented reality. The virtual visual serving framework*, „IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics” 2006, nr 12(4), s. 615–628.

oprogramowania udostępnianego przez SketchUp¹⁵, Revit¹⁶, Cinema 4D¹⁷, Maya¹⁸, 3DS Max¹⁹ czy Blender²⁰.

Wraz z rozwojem technologii wirtualnych i rozszerzonych pojawia się coraz większe zapotrzebowanie na zawartości trójwymiarowe. Biblioteki wirtualne, jak Sketchfab²¹ czy Warehouse²², zawierają duże ilości obiektów 3D. Ukończone modele powinny być wygenerowane (*rendering*) z uwzględnieniem konfiguracji animacji i tekstury modeli. Przyszłość modelowania 3D jest szeroko otwarta na innowacje, szczególnie w zautomatyzowanej produkcji, w zarządzaniu zapasami dla plików 3D i innych obszarach RR.

Zestaw narzędzi dla programistów SDK (Software Development Kit) jest niezbędny w tworzeniu aplikacji korzystających z danej biblioteki pod dany system. Zestaw ten zawiera generowanie modelu 3D, a także śledzenie i głębię wykrywania w celu orientacji w realnym świecie.

Projekt Tango używa wizji komputerowej w urządzeniach mobilnych, takich jak smartfony i tablety, aby wykryć ich położenie względem otaczającego ich świata bez użycia GPS lub innych zewnętrznych źródeł sygnału. Ten sposób pozwala programistom na tworzenie doświadczenia (*experience*) użytkownika, które obejmuje wewnętrzną nawigację trójwymiarową, pomiar przestrzeni fizycznej, rozpoznawanie środowiska, rzeczywistości rozszerzonej i okna do wirtualnego świata. Odpowiednie czujniki pozwalają określić pozycję obiektu względem środowiska. To śledzenie daje informacje w czasie rzeczywistym o ruchu danego narzędzia, o tym, gdzie się znajduje. Czujniki głębi wykrywają, jak daleko znajdują się przedmioty, co pomaga na interakcję z elementami wirtualnymi w świecie rzeczywistym. Narzędzia Tango mogą rozpoznawać środowisko wokół nich poprzez zapamiętywanie wirtualnych i fizycznych elementów przestrzeni. Znanym narzędziem SDK jest Vuforia, którego kamera rozpoznaje obrazy dwuwymiarowe, a VuMark przetwarza je na modele trójwymiarowe²³. Również zestaw *open source* ARToolKit służy do budowania aplikacji RR. Podczas gdy Vuforia jest zaprojektowana do łatwiejszych zastosowań, to ARToolKit pozwala na swobodne eksperymenty z SDK. Kolejnymi elementami procesu przenoszenia elementów 3D do RR są śledzenie i generowanie.

Gdy do filmu video potrzebne są elementy 3D z żywą akcją, grafik komputerowy śledzi znaczniki, by oddać jak najlepiej obraz środowiska komputera. Korzysta on z poszczególnych punktów do generowania przestrzeni, by

15 www.sketchup.com, dostęp: 21.12.2016.

16 www.autodesk.com/products/revit-family/overview, dostęp: 21.12.2016.

17 www.maxon.net/en/products/cinema-4d/overview, dostęp: 21.12.2016.

18 www.autodesk.com/products/maya/overview, dostęp: 21.12.2016.

19 www.autodesk.pl/products/3ds-max/overview, dostęp: 21.12.2016.

20 www.blender.org, dostęp: 21.12.2016.

21 <https://sketchfab.com>, dostęp: 21.12.2016.

22 www.warehouse-london.com/row/homepage, dostęp: 21.12.2016.

23 www.vuforia.com, dostęp: 21.12.2016.

tworzone przez komputer elementy mogły wyglądać realistycznie. Do głębokiego śledzenia używa się rozmaitych czujników, które wytwarzają mapę środowiska. Czujniki te współpracują z danymi uzyskanymi z innych źródeł, jak GPS czy przyspieszeniomierz. Lasery na podczerwień tworzą wzór kropki, który, odesłany do czujnika, tworzy zarysy kształtów wokół urządzenia. Następnie informacje o odległościach i orientacji w przestrzeni są przechowywane poprzez stałe przeliczanie kształtu i wielkości wzoru. Daje to możliwość uzyskania kształtu przedmiotu oraz określenia tego, czy jest on przesuwany lub obracany.

RR wypełnia lukę pomiędzy narzędziami do modelowania 3D i produktem końcowym. Fizyczne prototypy były wcześniej jedynym sposobem, aby zobaczyć projekty w rzeczywistym rozmiarze. RR umożliwia projektantom manipulowanie i interakcję z produktem w świecie rzeczywistym. RR ukazuje cały cykl życia produktu, z narzędziami zarówno do oglądania RR za pośrednictwem aplikacji mobilnej, jak i do konfigurowania animacji i elementów projektu np. poprzez Augment Desktop – program generowania i podglądu modeli.

Technika 3D szeroko wykorzystywana jest w okularach HoloLens, gdzie najpierw umieszcza się obiekt w widoku. Czujniki informacji są łączone z rozwiązaniem SLAM. Po umieszczeniu obiektu w widoku okulary HoloLens wyodrębniają jego współrzędne i w połączeniu z informacjami pochodzącymi od czujników precyzują położenie obiektu²⁴.

Western Reserve University, w partnerstwie z Cleveland Clinic, rozwija program szkolenia holograficznego anatomii medycznej dla Microsoft HoloLens. Program nauczania wzoruje się na trójwymiarowych holograficznych modelach człowieka, zapewniających systemową perspektywę anatomii, która jest prawie niedostępna dla studentów posiadających dwuwymiarowe ilustracje medyczne.

Nauczanie i uczenie się za pomocą rzeczywistości rozszerzonej

Aplikacje rzeczywistości rozszerzonej mogą stanowić uzupełnienie standardowego programu nauczania. Tekst, grafika, video czy audio mogą być nakładane na realne środowisko studenta. Podręczniki i inne materiały edukacyjne mogą zawierać znaczniki, które, zeskanowane przez urządzenia RR, przekazują uzupełniające informacje w formacie multimedialnym²⁵. Można w ten sposób interaktywnie uczestniczyć w komputerowych symulacjach historycznych wydarzeń,

24 M. Hachman, *Developing with HoloLens. Decent hardware chases Microsoft's lofty augmented reality ideal*, „PC World”, 1.05.2016, www.pcworld.com/article/2917613/developing-with-hololens-decent-hardware-chases-microsofts-lofty-augmented-reality-ideal.html, dostęp: 15.06.2016.

25 H. Stewart-Smith, *Education with augmented reality*, „ZDnet”, 4.04.2012, www.zdnet.com/article/education-with-augmented-reality-ar-textbooks-released-in-japan-video, dostęp: 9.11.2016.

odkrywać szczegóły zdarzeń²⁶. Można uczyć się budowy maszyn, matematyki czy geometrii. Jest to proces aktywnego uczenia się za pomocą technologii. Technologia RR pozwala także na uczenie się za pośrednictwem zdalnej współpracy, w której uczący się i instruktor w różnych miejscach uczestniczą w wirtualnym środowisku pomocy naukowych²⁷. Wiele aplikacji na telefony komórkowe tworzy atrakcyjne środowisko dla rozwoju nauki. Przykłady takich aplikacji to SkyView do nauki astronomii²⁸ i AR Circuits do budowania obwodów elektrycznych²⁹.

Istnieją dwie formy RR dostępne w edukacji: informacyjno-lokalizacyjna (*location-aware*) oraz oparta na wizji (*vision-based*). RR informacyjno-lokalizacyjna oferuje uczącym się cyfrowe multimedia do poruszania się przez fizyczny obszar ze smartfonem zaopatrzonym w GPS lub podobne urządzenie. Media, takie jak tekst, grafika, audio, video, modele 3D, rozszerzają środowisko fizyczne poprzez narrację, nawigację lub naukowe informacje na temat lokalizacji. RR oparta na wizji przedstawia natomiast uczącym się multimedia cyfrowe, gdy skierują aparat z ich smartfonu na obiekt (np. kod QR czy model 2D)³⁰.

Te dwie powyższe formy RR wykorzystują kilka możliwości smartfona (takie jak GPS, aparat fotograficzny, rozpoznawanie i śledzenie obiektów) do tworzenia zanurzających (*immersive*) doświadczeń w środowisku fizycznym, dając w ten sposób narzędzia do nauczania i uczenia się. Zanurzenie jest subiektywnym wrażeniem tego, że bierze się udział w kompleksowym, realistycznym doświadczeniu. Interaktywne media wprowadzają do różnych stopni cyfrowego zanurzenia. Wirtualne doświadczenia zanurzenia opierają się na strategiach projektowania, które łączą w sobie czynniki działania, symboliczne i sensoryczne, powodując wrażenia bycia wewnątrz treści cyfrowych. Badania wykazały, że poprzez zanurzenie w środowisku cyfrowym można pogłębić wiedzę na trzy sposoby: poprzez odkrywanie wielu perspektyw, uczenie się w danym miejscu oraz przez transfer³¹.

Książki RR są ciekawym zastosowaniem tejże technologii. Niemiecka firma Metaio wytwarza książki, które zawierają elementy RR. Są one drukowane tradycyjnie; po zakupie konsumenci instalują specjalne oprogramowanie na swoich komputerach i, kierując kamerę na strony książki, oglądają ich wizualizacje. Technologia pozwala wielu istniejącym książkom na rozwinięcie do wersji RR.

RR to wydajna technologia dla nauczania i uczenia się, gdyż dzięki niej można zdobywać wiedzę i umiejętności, zwłaszcza w skomplikowanych teoriach lub mechanizmach maszyn i systemów. Fotis Liarokapis wskazuje na

26 A. Lubrecht, *Augmented reality for education*, „Digital Union”, 24.04.2012, <https://odee.osu.edu/digital-union>, dostęp: 9.11.2016.

27 H. Kaufmann, *Collaborative augmented reality in education*, <http://www.ita.mx/files/aviso-desplegados/ingles-tecnico/guias-estudio-abril-2012/articulo-informatica-1.pdf>, dostęp: 9.11.2016.

28 www.terminaleleven.com/skyview/iphone, dostęp: 9.11.2016.

29 <http://arcircuits.com>, dostęp: 9.11.2016.

30 M. Dunleavy, C. Dede, *Augmented reality teaching and learning*, [w:] J.M. Spector [i in.], *Handbook of research for educational communications and technology*, New York 2014, s. 736.

31 Tamże, s. 737.

australijskie badania modelu 3D rozszerzonej rzeczywistości w czterech dziedzinach inżynierii mechanicznej: maszynach, pojazdach, bryłach platońskich oraz narzędziach³².

W Tokio wydano podręcznik do obsługi RR na smartfonach, który pokazuje wykorzystanie iPada w nauce języków obcych, literatury czy sztuki. Po pobraniu aplikacji studenci mogą rozpocząć naukę. Również tablet, jako narzędzie uczenia się, może być bardzo przydatny, gotowy do robienia rzeczy, których zwykły podręcznik nie jest w stanie zapewnić³³.

Rozszerzona rzeczywistość posiada duży potencjał, aby udostępnić doświadczenia kontekstowe i nieoczekiwane odkrycia w świecie rzeczywistym. Aplikacje przekazujące informacje o konkretnym miejscu prowadzą do nauczania opartego na odkryciach. Osoby odwiedzające historyczne miejsca mogą uzyskać dostęp do aplikacji RR, które przekazują informacje o tym, jak wyglądały te miejsca w przeszłości.

W nauce astronomii studenci mogą pogłębiać wiedzę o relacjach pomiędzy planetami i gwiazdami z wykorzystaniem technologii RR. SkyMap jest aplikacją RR nakładającą zdobyte przy pomocy GPS i kompasów informacje o gwiazdach i konstelacjach. Mapy nieba mogą być oglądane na ekranach smartfonów³⁴.

W technologii RR nauczyciele i uczniowie mogą współpracować poprzez interakcję w problematyce figur, kształtów lub naukowych uzgodnień. Aplikacja o nazwie Construct3D została zaprojektowana specjalnie do nauki matematyki i geometrii z wykorzystaniem trójwymiarowych modeli konstrukcji geometrycznych. Pozwala ona użytkownikom konstruować kształty geometryczne poprzez zamontowane na głowie ekrany, które umożliwiają użytkownikom nakładanie generowanych komputerowo obrazów na świat rzeczywisty. Mogą oni intuicyjnie odkrywać właściwości krzywych, powierzchni i innych kształtów geometrycznych³⁵.

RR może pomóc studentom w nauce chemii, ukazując strukturę atomów czy molekuł. Fizyka to kolejny obszar, gdzie RR może być wykorzystywana do wykazania różnych właściwości kinematyki, jak prędkość bądź przyspieszenie. Prawdziwe i szacunkowe wyniki doświadczalne mogą być wizualizowane za pomocą techniki RR, która jest bardziej interesująca niż istniejące metody nauczania,

32 F. Liarakis [i in.], *Web3D and Augmented reality to support engineering education*, „World Transactions on Engineering and Technology Education” 2004, t. 3, nr 1, <https://pdfs.semanticscholar.org/15a5/43ec505a61nb6abc6fe-a6238db9d03bd75c5.pdf>, dostęp: 9.11.2016.

33 M. Wichrowski, *Teaching augmented reality in practice. Tools, workshops and students' projects*, „Proceedings of the International Conference on multimedia, interaction, design and innovation”, 24.06.2013, s. 1–10, <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2500362>, dostęp: 9.11.2016.

34 L. Johnson, *Simple augmented reality*, [w:] L. Johnson, *The 2010 horizon report*, 2010, s. 21–24, <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED510220.pdf>, dostęp: 9.11.2016.

35 G. Chang, P. Morreale, P. Medicherla, *Applications of augmented reality systems in education*, [w:] D. Gibson, *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010*, Chesapeake 2010, s. 1380–1385.

a tym samym może wspomóc uczenie się. W nauczaniu biologii RR może służyć do badania anatomii i struktury ciała poprzez pokazanie, z czego składa się organizm człowieka i jak wyglądają poszczególne narządy w generowanych komputerowo modelach 3D. Ponadto studenci mogą badać narządy człowieka bezpośrednio ze swoich laptopów i znaczników, które łączą komputery z informacjami RR odnośnie struktur biologicznych ludzkiego ciała³⁶.

RR posiada możliwości pobudzania i motywowania studentów do naukowych poszukiwań z różnych perspektyw³⁷. Może pomagać uczyć tam, gdzie pojawiają się trudności w bezpośrednim doświadczaniu świata realnego (np. w astronomii, geografii itp.) oraz zwiększa współpracę, co wzmacnia kreatywność oraz wyobraźnię³⁸. RR pomaga kontrolować nauczanie według oryginalnych ścieżek edukacyjnych oraz tworzy autentyczne środowisko nauki dopasowane do różnorodnych stylów zdobywania wiedzy.

Warto wskazać pięć kierunków rozwoju RR w edukacji: wydawanie książek z wykorzystaniem możliwości RR, gry, uczenie się przez odkrywanie nowych rzeczy, modelowanie przedmiotów oraz rozwój rozmaitych umiejętności.

Wydaje się, że książki są najlepszym mostem łączącym świat cyfrowy z fizycznym. Publikacja *The future is wild. The living book*, wydana w Niemczech przez Metaio i wylansowana na Targach Książki we Frankfurcie w 2011 roku, posiada potencjał zachęcający czytelników do kontaktu z RR. Inny rodzaj książki wykorzystującej RR przedstawia południowokoreański Gwangju Institute of Science and Technology. Książka może wyświetlać trójwymiarowe znaki ze stron, gdy czytelnik nałoży specjalne okulary. System RR działa w czasie rzeczywistym. Książki RR otwierają nowy rozdział sztuki opowiadania w zupełnie inny sposób, wymagający od twórców spójności dzieła czy interakcji. Potencjał RR to możliwość odwołania się do wielu rodzajów czytelników, z wielu perspektyw oraz w niezwykle i ciekawy sposób³⁹.

Gry oparte na RR mogą służyć do nauki. W grach, które wykorzystują znaczniki na planszach lub mapach, obiekty stają się trójwymiarowe, gdy widoczne są z urządzenia mobilnego lub kamery internetowej, co może pomagać w takich naukach, jak archeologia, historia, antropologia czy geografia. Inne podejście do gier w RR pozwala na tworzenie wirtualnych obiektów, by je powiązać z konkretnymi miejscami w świecie rzeczywistym. Stwarza to możliwości używania nowych wizualnych i interaktywnych form nauczania, jak urządzenie SimStails wykorzystujące ideę naturalnej selekcji i ewolucji. Stworzony w ten sposób immersyjny świat 3D współistnieje ze środowiskiem świata rzeczywistego.

36 K. Lee, *Augmented reality in education and training*, „TechTrends” 2012, t. 56, nr 2, s. 16.

37 L. Kerawalla [i in.], *Making it real. Exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science*, „Virtual Reality” 2006, nr 10, s. 163–174.

38 E. Klopfer, S. Yoon, *Developing games and simulation for today and tomorrow's tech savvy youth*, „TechTrends” 2004, nr 49(3), s. 41–49.

39 S. Yuen, G. Yaoyuneyong, *Augmented reality. An overview and five directions for AR in education*, „Journal of Educational Technology Development and Exchange” 2011, t. 4, nr 1, s. 127–128.

Gra video Handheld Augmented Reality Project & Alien Contact pozwala na odgrywanie rozmaitych ról za pomocą urządzenia przenośnego, sprzężonego z technologią GPS, kompasem oraz Internetem bezprzewodowym. Celem gry jest odkrycie, dlaczego kosmici pojawili się na Ziemi i wylądować w konkretnym miejscu. Studenci w rozwiązywaniu problemów mogą korzystać z danych naukowych, współdziałając z cyfrowo symulowanymi postaciami, przedmiotami i innymi uczestnikami gry⁴⁰.

Uczenie się przez odkrywanie wykorzystuje aplikacje RR posiadające informacje o miejscach realnego świata. Wiele muzeów udostępnia odwiedzającym historyczne informacje na temat zwiedzanych miejsc. Projekt EU-funded Tacitus AR pozwala odwiedzającym uchwycić panoramiczne ujęcie miejsca i słuchać jednocześnie nagrania o tym wydarzeniu. Wikitude może udzielać informacji w czasie rzeczywistym o odwiedzanym miejscu. Aplikacja pozwala nie tylko na korzystanie z informacji, lecz także na dzielenie się posiadaną wiedzą z innymi⁴¹.

Rozszerzoną rzeczywistość można również wykorzystać do modelowania obiektów, umożliwiając uczącym się wyobrażenie sobie tego, jak dany element wygląda w różnych ustawieniach. Modele można generować, można nimi także manipulować i obracać je. Studenci otrzymują natychmiastową informację wizualną o ich pomysłach w sposób, który pozwala na miejscu poprawić niespójności lub inne problemy. Naukowcy z Uniwersytetu w Canterbury w Nowej Zelandii stworzyli narzędzie, które w rozszerzonej rzeczywistości przekształca szkice w obiekty 3D, aby umożliwić uczniom poznanie fizycznych właściwości i interakcji między obiektami. Prosta kontrola poprzez rysowanie na papierze jest używana do zmiany właściwości obiektów. Trening umiejętności z wykorzystaniem techniki RR stosowany jest szczególnie w medycynie, aeronautyce, w przemyśle budowlanym i w wojsku⁴².

Perspektywy rzeczywistości rozszerzonej w edukacji

W XXI wieku świat wirtualny coraz mocniej integruje się z realnym. Wraz z rozwojem technologii informatycznych powstają nowe metody nauczania, do których dostosowują się nauczyciele, by odpowiadać na wyzwania społeczeństwa w dziedzinie wiedzy, umiejętności oraz kompetencji koniecznych do osiągnięcia życiowych sukcesów.

40 M. Dunleavy, C. Dede, R. Mitchell, *Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning*, „Journal of Science Education and Technology” 2009, nr 18(1), s. 7–22.

41 R. de Lorenzo, *Augmented and on-demand learning*, „The Mobile Learner”, 17.10.2009, <https://themoiblelearner.wordpress.com/2009/10/17/augmented-reality-and-on-demand-learning/>, dostęp: 21.11.2016.

42 A. Saenz, *Augmented reality to help military mechanics fix vehicles*, 11.01.2010, <https://singularityhub.com/2010/01/11/augmented-reality-to-help-military-mechanics-fix-vehicles-video/>, dostęp: 21.11.2016.

Obecne aplikacje RR nie są już nowością niedostępną dla większości społeczeństwa. Dostępność oraz rosnące znaczenie urządzeń mobilnych powodują coraz większe ich wykorzystywanie, również w edukacji. Interfejsy RR stają się standardem funkcjonującym w nauczaniu i uczeniu się.

Przyszłość RR w kształceniu wygląda optymistycznie, chociaż wciąż pojawiają się zastrzeżenia, jeśli chodzi o jej wydajność i stopień inwestycji w badania naukowe pogłębiające tę tematykę. Nowe technologie nie tylko dostarczają doświadczeń RR za pośrednictwem komputerów i urządzeń mobilnych, lecz także są wystarczająco rozwinięte, by połączyć świat realny z RR. Trening wykorzystujący symulacje RR wspomagany jest przez urządzenia haptyczne, prowadzące do wyższej wydajności w wielu umiejętnościach i zadaniach: od naprawy urządzeń militarnych do delikatnych operacji chirurgicznych⁴³. Ponadto każdy stworzony zasób RR może stać się dziedzictwem permanentnym, zawsze dostępnym dla przyszłych pokoleń.

Rozwijają się coraz bardziej innowacyjne aplikacje RR, oparte na lokalizacji informacji, mediach społecznościowych i rozrywce. Wraz z rozwojem technologii pojawiać się będą nowe narzędzia edukacyjne. RR w tej dziedzinie powinna być jeszcze bardziej efektywna, interaktywna i przyjemna, gdyż posiada potencjał, by w sposób prosty, łatwy i zwięzły angażować do nauki. Edukacja w RR może zwiększyć zakres i jakość informacji poprzez rozwój efektywnych środowisk pedagogicznych i kontekstowych. RR sprzyja efektywności kształcenia, motywacji, zabawie i środowiskom naukowym. Aplikacje RR w edukacji są atrakcyjne, stymulujące i pasjonujące dla studentów, zapewniają także skuteczne i efektywne usługi.

Istnieje kilka kluczowych pojęć dotyczących przyszłości w dziedzinie RR. Należą do nich czujniki RR i oprogramowania do ujednoczenia istniejących urządzeń mobilnych. Rośnie także moc mobilnych technologii i urządzeń, takich jak okulary, montowane na głowie wyświetlacze i inny sprzęt RR.

W wielu dziedzinach RR ukazuje swój niesamowity potencjał ulepszania nauczania i uczenia się. Każdy użytkownik RR, wykorzystujący takie nieskomplikowane urządzenia, jak smartfony czy tablety, może stworzyć dynamiczne, motywujące doświadczenia multimedialne do uczenia się. Gdy dołączy się do tego coraz szybszy rozwój technologiczny, powstaną wspaniałe perspektywy do nauczania i uczenia się, co doprowadzi do kolejnych, nie tylko edukacyjnych zastosowań w dziedzinie rzeczywistości rozszerzonej.

43 C. Dede, *Immersive interfaces for engagement and learning*, „Science” 2009, nr 323, s. 66–69.

Bibliografia

- Bond S., *After the success of Pokémon GO. How will augmented reality impact archaeological sites?*, „Forbes”, 17.07.2016, www.forbes.com/sites/drsarahbond/2016/07/17/after-the-success-of-pokemon-go-how-will-augmented-reality-impact-archaeological-sites/#56fae3b24c77, dostęp: 8.11.2016.
- Calo R., *Augmented reality. A technology and policy primer*, Washington 2015, http://techpolicylab.org/wp-content/uploads/2016/02/Augmented_Reality_Primer-TechPolicyLab.pdf, dostęp: 11.11.2016.
- Cameron Ch., *Flash-based AR gets high-quality markerless upgrade*, http://readwrite.com/2010/07/09/flash-based_ar_gets_high-quality_markerless_upgrade, dostęp: 8.11.2016.
- Chang G., Morreale P., Medicherla P., *Applications of augmented reality systems in education*, [w:] D. Gibson, *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010*, Chesapeake 2010.
- Comport A. [i in.], *Real-time markerless tracking for augmented reality. The virtual visual serving framework*, „IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics” 2006, nr 12(4).
- Dede C., *Immersive interfaces for engagement and learning*, „Science” 2009, nr 323.
- Dunleavy M., Dede C., *Augmented reality teaching and learning*, [w:] J.M. Spector [i in.], *Handbook of research for educational communications and technology*, Springer Science-Business Media, New York 2014.
- Dunleavy M., Dede C., Mitchell R., *Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning*, „Journal of Science Education and Technology” 2009, nr 18(1).
- Frank A., *Pokémon Go Plus. Everything you need to know (update)*, „Polygon”, 16.09.2016, www.polygon.com/2016/7/11/12153040/pokemon-go-plus-price-info-and-release-date, dostęp: 11.11.2016.
- Hachman M., *Developing with HoloLens. Decent hardware chases Microsoft's lofty augmented reality ideal*, „PC World”, 1.05.2016, www.pcworld.com/article/2917613/developing-with-hololens-decent-hardware-chases-microsofts-lofty-augmented-reality-ideal.html, dostęp: 15.06.2016.
- Johnson L., *Simple augmented reality*, [w:] L. Johnson, *The 2010 horizon report*, The New Media Consortium, Austin, TX, 2010, <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED510220.pdf>, dostęp: 9.11.2016.
- Kaufmann H., *Collaborative augmented reality in education*, <http://www.ita.mx/files/avisos-desplegados/ingles-tecnico/guias-estudio-abril-2012/articulo-informatica-1.pdf>, dostęp: 9.11.2016.
- Kerawalla L. [i in.], *Making it real. Exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science*, „Virtual Reality” 2006, nr 10.
- Kinshuk R. H., Spector J. M., *Reshaping learning. Frontiers of learning technology in a global context*, Springer-Verlag GmbH, Berlin-Heidelberg 2013.
- Klopfer E., Yoon S., *Developing games and simulation for today and tomorrow's tech savvy youth*, „TechTrends” 2004, nr 49(3).

- Kollar P., Frank A., *Pokemon Go review*, „Polygon”, 14.07.2016, www.polygon.com/2016/7/14/12183956/pokemon-go-review-ios-android-nintendo-niantic-company-mobile-game, dostęp: 11.11.2016.
- Lee K., *Augmented reality in education and training*, „TechTrends” 2012, t. 56, nr 2.
- Liarokapis F. [i in.], *Web3D and augmented reality to support engineering education*, „World Transactions on Engineering and Technology Education” 2004, t. 3, nr 1, <https://pdfs.semanticscholar.org/15a5/43ec505a611b6abcf6ea6238db9d03bd75c5.pdf>, dostęp: 9.11.2016.
- Lorenzo R. De, *Augmented and on-demand learning*, „The Mobile Learner”, 17.10.2009, <https://themobilelearner.wordpress.com/2009/10/17/augmented-reality-and-on-demand-learning/>, dostęp: 21.11.2016.
- Lubrecht A., *Augmented reality for education*, „Digital Union”, 24.04.2012, <https://odee.osu.edu/digital-union>, dostęp: 9.11.2016.
- McCormick R., *Driver distracted by Pokémon Go kills woman in Japan*, „The Verge”, 25.08.2016, www.theverge.com/2016/8/25/12637878/pokemon-go-driver-kills-woman-japan, dostęp: 11.11.2016.
- Peckham M., *Review. Pokémon Go is an ingenious idea with too many rough edges*, „Time”, 12.07.2016, <http://time.com/4401279/pokemon-go-review>, dostęp: 11.11.2016.
- Rosenberg L. B., *The use of virtual fixtures to enhance operator performance in telepresence environments*, „SPIE Telemanipulator Technology” 1993, t. 2057.
- Saenz A., *Augmented reality to help military mechanics fix vehicles*, 11.01.2010, <https://singularityhub.com/2010/01/11/augmented-reality-to-help-military-mechanics-fix-vehicles-video>, dostęp: 21.11.2016.
- Stewart-Smith H., *Education with augmented reality*, „ZDnet”, 4.04.2012, www.zdnet.com/article/education-with-augmented-reality-ar-textbooks-released-in-japan-video, dostęp: 9.11.2016.
- Sutherland I. E., *A head-mounted three-dimensional display*, Harvard University Press, Massachusetts 1968, http://90.146.8.18/en/archiv_files/19902/E1990b_123.pdf, dostęp: 8.11.2016.
- Wakefield J., *TED 2016. Meta augmented reality headset demoed at TED*, 17.02.2016, www.bbc.com/news/technology-35583356, dostęp: 10.11.2016.
- Wellner P., Mackay W., Gold R., *Back to the real world*, „Communications of the ACM” 1993, t. 36, nr 7.
- Wichrowski M., *Teaching augmented reality in practice. Tools, workshops and students' projects*, „Proceedings of the International Conference on multimedia, interaction, design and innovation”, 24.06.2013, <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2500362>, dostęp: 9.11.2016.
- Yuen S., Yaoyuneyong G., *Augmented reality. An overview and five directions for AR in education*, „Journal of Educational Technology Development and Exchange” 2011, t. 4, nr 1.

Netografia

<http://arcircuits.com>, dostęp: 9.11.2016.
www.autodesk.pl/products/3ds-max/overview, dostęp: 21.12.2016.
www.autodesk.com/products/maya/overview, dostęp: 21.12.2016.
www.autodesk.com/products/revit-family/overview, dostęp: 21.12.2016.
www.blender.org, dostęp: 21.12.2016.
<http://mahei.es/index.php?lang=en>, dostęp: 8.11.2016.
www.maxon.net/en/products/cinema-4d/overview, dostęp: 21.12.2016.
<https://sketchfab.com>, dostęp: 21.12.2016.
www.sketchup.com, dostęp: 21.12.2016.
www.terminaleleven.com/skyview/iphone, dostęp: 9.11.2016.
www.warehouse-london.com/row/homepage, dostęp: 21.12.2016.
www.vuforia.com, dostęp: 21.12.2016.

Augmented reality in teaching and learning

Abstract: Virtual reality for many years enchants millions of followers of computer games, but also is used in education. It gives the possibility of immersion in the virtual world, but at the same time, distracts the user of digital content from the real world. While augmented reality (AR) moves digital content on personal receiving of the real world in order to connect the virtual with real environment. Augmented reality increasingly is being used in education. Its application can be found in the science of architecture, archaeology, anthropology, astronomy, biology, chemistry, physics, geography, history, mathematics, science, foreign languages. It helps in the development of specific skills applicable in medical science, military, aviation, computer games or film production and acquisition of various types of engineer competences.

Keywords: augmented reality, digital content, education, new technologies, virtual word