



Patryk Hubar
Warszawa – UW

RZECZYWISTOŚĆ ROZSZERZONA W BIBLIOTEKACH

Abstract

Augmented reality is a relatively new technology that is gaining more and more popularity on the entertainment and scientific market from day to day. Libraries that aspire to be modern institutions that take into account the needs of the modern user should more often use this type of new technologies in their mission. The article characterized the technology of augmented reality, analyzed the interest in this topic in the scientific literature and presented its use in foreign and Polish libraries.

Streszczenie

Rzeczywistość rozszerzona jest relatywnie nową technologią, która zyskuje z dnia na dzień coraz większą popularność zarówno na rynku rozrywkowym jak i naukowym. Biblioteki pretendujące do bycia nowoczesnymi placówkami, biorącymi pod uwagę potrzeby współczesnego użytkownika powinny częściej w swojej misji wykorzystywać tego typu nowe technologie. W artykule scharakteryzowano technologię rzeczywistości rozszerzonej, przeanalizowano zainteresowanie tym tematem w piśmiennictwie naukowym oraz przedstawiono jej wykorzystanie w zagranicznych oraz polskich bibliotekach.

Nowoczesne społeczeństwo korzystające na co dzień ze zdobyczy techniki użytkowej (np. smartfonów i tabletów) oraz mające stały dostęp do Internetu oczekuje szybkiego, efektywnego i wygodnego dostarczania usług, które pozwolą na zaspokojenie potrzeb informacyjnych jego obywateli. Nowoczesne instytucje chcąc pozyskiwać nowych klientów muszą dostosować się do trendów związanych z rozwojem świata technologicznego. Firmy technologiczne prześcigają się w proponowaniu nowoczesnych rozwiązań, banki oferują aplikacje z bankowością mobilną, gdzie każdą transakcję można w kilka sekund przeprowadzić z poziomu telefonu a serwisy społecznościowe pozwalają na szybki i bezproblemowy kontakt z innymi osobami.

Instytucje oświaty i kultury stoją przed podobnym zadaniem – zaspokojeniem potrzeb nowoczesnego „cyfrowego” użytkownika. Muzea oraz biblioteki od wielu lat prowadzą działalność, w której zaawansowane technologicznie rozwiązania stanowią dużą część ich działalności. Wirtualne muzea, ekspozycje i wycieczki (np. Rijksmuseum w Amsterdamzie) oraz mobilne aplikacje pozwalające na szybki dostęp do zbiorów i zapewniające nieocenioną pomoc zagubionym użytkownikom (biblioteki uniwersyteckie w Stanach Zjednoczonych) to codzienność w świecie kultury i nauki nastawionym na rozwój cyfrowy.

Rzeczywistość rozszerzona określana często jeszcze jako „technologia jutra” coraz częściej wykorzystywana jest już dziś w wielu dziedzinach życia. Począwszy od użytkowania rozrywkowego najczęściej w postaci gier komputerowych do czysto naukowego wykorzystywania w wielu obszarach (medycyna, kierunki techniczne). Technologia jest już wykorzystywana również w bibliotekach. Tworzone są biblioteczne aplikacje oparte o AR (ang. *Augmented Reality*, *AR*) przeznaczone zarówno dla użytkowników biblioteki jak i dla jej pracowników. Rzeczywistość rozszerzona na nowo definiuje sposób prezentacji i wykorzystywania zbiorów biblioteki, oferując wiele możliwości cyfrowego przedstawienia obiektów graficznych.

Czym jest AR?

Rzeczywistość rozszerzona jako obszar badawczy jest ściśle związana z działalnością takich dyscyplin jak informatyka i technologia informacyjna. Charakteryzuje się ona łączeniem w jednym środowisku dwóch różnych rzeczywistości – realnej i wirtualnej. Wielu badaczy w swoich pracach powołuje się na definicję Ronalda Azumy, jednego z prekursorów w tej dziedzinie, który technologię AR przedstawia jako system łączący w sobie świat realny oraz rzeczywistość wirtualną, interaktywny w czasie rzeczywistym, umożliwiający swobodę ruchów w trzech wymiarach¹. Rzeczywistość rozszerzona wykorzystuje cyfrowo generowane informacje, na które mogą składać się zdjęcia, dźwięk, filmy wideo, dotyk bądź doznania haptyczne i łączy je z bodźcami odbieranymi z prawdziwego świata. Z technicznego punktu widzenia, AR powinna w swoim działaniu łączyć wszystkie wymienione bodźce, jednak najpopularniejsze jest wpływanie na odczucia dźwiękowe i wizualne użytkownika². Ta relacja między realnością i wirtualnością odróżnia AR od rzeczywistości wirtualnej (ang. *Virtual Reality*, *VR*), która generuje samodzielny i w pełni cyfrowy świat oraz pozwala użytkownikowi na zanurzenie się w nim. Wirtualność jest przeciwieństwem faktyczności (stanowi „rzeczywistość zastępczą”) i jednocześnie jest jej źródłem. Potocznie „wirtualny” to

¹ Dejnaka Agnieszka: Rzeczywistość rozszerzona i jej zastosowanie w edukacji. *E-mentor*. 2012 nr 2 (44) s. 30–36

² Kipper Greg, Rampolla Joseph: *Augmented Reality: an emerging technologies guide to AR*. Amsterdam: Elsevier, 2012. – 208 s. ISBN 978-1597497336

znaczy „nierealny”³. Zadaniem rozszerzonej rzeczywistości nie jest więc immersyjność, a uzupełnianie i rozszerzanie za pomocą technologii świata realnego.

Paul Milgram i Fumio Kishino w 1994 roku przedstawili schemat (Rys.1) pokazujący relacje pomiędzy rzeczywistością realną a wirtualną oraz sformułowali koncepcję rzeczywistości mieszanej (ang. Mixed Reality, MR)⁴. Pokazują, że rzeczywistość rozszerzona znajduje się bliżej realności, niż wirtualności. Twierdzą również, że im bliżej systemowi AR do wirtualnej rzeczywistości, tym bardziej zredukowana jest liczba elementów rzeczywistych⁵.



Rys. 1. Schemat ciągłości rzeczywistość – wirtualność
(źródło: Milgram Paul, Kishino Fumio, 1994)

Obecnie ze względu na dynamicznie rosnącą popularność AR, pojawia się wiele urządzeń oraz technologii związanych z rzeczywistością rozszerzoną. Odpowiedni dobór urządzenia powinien być zależny przede wszystkim od miejsca, w którym ta technologia będzie wykorzystywana. Wyróżnić możemy internal AR (działająca w zamkniętych pomieszczeniach) oraz external AR bądź outdoor AR (wykorzystywanie w przestrzeni otwartej). Ze względu na graficzny oraz cyfrowy charakter technologii, aby aplikacje AR mogły być w pełni wykorzystywane, użytkownik powinien mieć dostęp m.in. do takiego sprzętu jak komputer, monitor, urządzenia mobilne (smartfon, tablet, laptop), które wyposażone są w kamerę cyfrową, bądź zyskujące na popularności akcesoria typu HMD (ang. head-mounted display). Systemy HMD charakteryzują się wyświetlaczem przyklejonym bezpośrednio do głowy użytkownika (zazwyczaj jest

³ Leniek Antoni: VR lub Virtual Reality, Rzeczywistość wirtualna [online]. i-slovník.pl [dostęp: 09-12-2017]. Dostępny w Internecie: <http://www.i-slovník.pl/1535,vr-lub-virtual-reality-rzeczywistosc-wirtualna/>

⁴ Milgram Paul, Kishino Fumio: A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 1994 vol. E76-D s. 1321–1329

⁵ Pardel Przemysław: Przegląd ważniejszych zagadnień rozszerzonej rzeczywistości. *Studia Informatica*. 2009 vol. 30, nr 1 s. 35-64

to forma okularów/gogli), który dzięki współpracy z zewnętrznymi kamerami i akcelerometrem, może wyświetlać użytkownikowi rzeczywisty obraz tuż przed jego oczami i nanosić na niego elementy wirtualne, bądź w całości wyświetlać jedynie obraz generowany cyfrowo. Rodzajem systemu HMD jest Optical HMD (OHMD), którego budowa i użycie w nim transparentnych szkieł optycznych pozwala użytkownikowi na normalne obserwowanie otaczającego go świata (tak jak w przypadku zwykłych okularów) jednak z możliwością naniesienia elementów świata wirtualnego (dzięki wykorzystaniu specjalnej lustrzanej powłoki na wewnętrznej stronie soczewek, która odbija obraz cyfrowy). OHMD jest bezpośrednio związane z technologią rzeczywistości rozszerzonej. Na przełomie 2013 i 2014 roku firma Google wprowadziła do sprzedaży okulary OHMD o nazwie Google Glass.

Podczas korzystania z aplikacji, użytkownik musi wejść w interakcję z przedmiotami, bądź systemami świata wirtualnego, aby technologia odebrała sygnał i nawiązała bezpośrednie połączenie. W tym celu używa się dwóch rodzajów technologii (nazywanych również systemami śledzącymi): grawimetrycznych oraz tych opartych na markerach. W przypadku grawimetrii (geolokalizacji) działanie aplikacji polega na wykorzystaniu danych o położeniu (np. danych z urządzeń przenośnych GPS i kompasów), w celu interpretacji lokalizacji urządzenia i jego położenia oraz identyfikacji obiektów zlokalizowanych przed i/lub w jego pobliżu⁶. Niewątpliwą zaletą tych aplikacji jest fakt, że mogą one działać zarówno wewnątrz budynków, jak i w środowisku zewnętrznym, które nie zawsze musi zapewniać sprzyjające warunki. Dzięki wykorzystywaniu lokalizowania, do poprawnego działania nie są potrzebne żadne zewnętrzne czujniki czy znaczniki, a jedynie urządzenie w rękach użytkownika. Geolokalizacja pozwala użytkownikom np. na cyfrową „odbudowę” zabytków architektonicznych na ekranie urządzenia bądź wyświetlanie informacji o nich. Drugą z wymienionych technologii jest wykorzystywanie markerów (realnych obiektów – kształtów, przedmiotów itp.). Polega ona na określaniu pozycji względnej, która składa się z oceny pozycji i orientacji poprzez łączenie informacji dostarczonej przez rozmaite czujniki⁷. Aplikacja AR za pomocą wykorzystania kamery cyfrowej odnajduje w przestrzeni markery, dostosowuje obraz do położenia użytkownika i wyświetla trójwymiarowy obiekt na ekranie. Wiele aplikacji dzięki wykorzystaniu dynamicznego renderowania pozwala dodatkowo na „poruszanie” wirtualnym obiektem przez użytkownika (za pomocą interfejsu aplikacji, gestów bądź głosu). Technologia ta jednak nie jest tak uniwersalna jak geolokalizacja, ze względu na konieczność umieszczania markerów, które szczególnie w środowisku zewnętrznym mogą być narażone na zniszczenie, bądź przez niewielkie rozmiary

⁶ Roszkowski Marcin: Rzeczywistość rozszerzona w edukacji w świetle piśmiennictwa. W: Kompetencje cyfrowe nauczycieli przedmiotów ścisłych w gimnazjach i nowoczesne technologie w dydaktyce chemii. Warszawa: Stowarzyszenie Bibliotekarzy Polskich, 2015 s. 109-133

⁷ Pardiś Przemysław: Przegląd ważniejszych zagadnień..., s. 42

i małą kontrastowość zupełnie pominięte przez urządzenie co może skutkować błędami w działaniu. Z technologią opartą na markerach często mylone są kody QR (ang. quick response codes), których działanie polega jedynie na zakodowaniu pewnej informacji i udostępnieniu jej za pomocą modułowego obrazka. Z wykorzystaniem kamery aplikacja odczytuje kod i zazwyczaj przenosi użytkownika na oddzielną stronę internetową gdzie znajduje on więcej informacji o obiekcie bądź wyświetla dodatkowe informacje bezpośrednio z poziomu aplikacji. W przeciwieństwie jednak do markerów AR, nie umożliwiają one bezpośredniego wyświetlania obiektów VR na urządzeniu. Kody QR są często wykorzystywane w nowoczesnych bibliotekach, pozwalają one np. na znalezienie danej książki w bazie danych biblioteki bądź sprawdzenie ilości dostępnych egzemplarzy.

Rzeczywistość rozszerzona w bibliotekach zagranicznych

Chęć dostosowania się do „technologicznego świata” sprawia, że bibliotekarze z całego globu poszukują różnych nowości, aby zaproponować użytkownikom bibliotek coraz to bardziej innowacyjne sposoby kontaktu z instytucją. Rzeczywistość rozszerzona szczególnie w bibliotekach amerykańskich staje się codziennością. Jednak poza korzystaniem z szeroko dostępnych aplikacji stworzonych przez duże korporacje, bibliotekarze wraz z informatykami starają się dostosować AR do własnych potrzeb tworząc własne oprogramowanie.

Jednym z takich projektów jest aplikacja ARchive LAPL App, stworzona przez bibliotekarzy z biblioteki centralnej w Los Angeles we współpracy ze studentami z Uniwersytetu South Carolina. Oprogramowanie pozwala na skanowanie obiektów bibliotecznych (głównie zbiorów ikonograficznych), pełniących rolę markerów oraz wyświetlanie na ekranie urządzenia dodatkowych informacji o zbiorach. Dodatkowo, część ze zbiorów biblioteki w formie zdjęć dostępnych jest na stronie projektu⁸. Zeskanowanie tych fotografii pozwoli użytkownikowi na obejrzenie na ekranie smartfona bądź tabletu ich interaktywnych, trójwymiarowych wersji. Sama aplikacja dostępna jest za darmo dla użytkowników urządzeń mobilnych z systemem iOS w oficjalnym sklepie iTunes⁹.

Innym przykładem wykorzystania AR w działalności bibliotecznej jest aplikacja ShelvAR¹⁰, która przeznaczona jest dla bibliotekarzy. Program wykorzystuje technologię markerów, które umieszcza się na grzbietach książki. Użytkownik nakierowuje urządzenie mobilne (wyposażone w system operacyjny iOS lub Android) na półkę, na której ustawione są książki z markerami, a aplikacja wyświetla na ekranie, czy dana pozycja jest poprawnie ustawiona pośród innych książek. Jeżeli dany egzemplarz znaj-

8 <http://webjournalist.org/arjournalism-files/markers/>

9 <https://itunes.apple.com/us/app/archive-lapl/id821138097?mt=8>

10 <http://www.shelvar.com>

duje się na swoim miejscu na półce aplikacja oznacza go zielonym znaczkiem, jeśli jednak publikacja jest przestawiona w obrębie jednej półki, ShelvAR zauważa to i nakłada w miejsce markera czerwony znak „X”. Jeśli aplikacja zupełnie nie identyfikuje egzemplarza z przypisaną do niego półką, wyświetla pomarańczowy znak zapytania i dołącza go do listy książek, które wymagają zmiany regału. Działanie aplikacji przedstawione jest na filmie¹¹. Niestety, z powodów prawnych wsparcie dla aplikacji zostało zawieszone i nie jest ona obecnie oficjalnie dostępna dla użytkowników, jednak osoby zainteresowane tym oprogramowaniem mogą skontaktować się z jego twórcą w celu szerszych informacji. Patent na tego typu aplikację należy do firmy Amazon, pozostaje więc czekać na premierę oprogramowania stworzonego przez amerykańskiego giganta. Podobnym działaniem cechuje się prototypowa aplikacja LibrARi, oparta również o markery, wykorzystuje Klasyfikację Dziesiątą Deweya i pozwala tym razem użytkownikowi na odnalezienie konkretnej książki na półce. Prowadzi ona użytkownika pomiędzy regałami i dokładnie pokazuje na ekranie urządzenia, gdzie znajduje się dany egzemplarz. Działanie aplikacji przedstawione jest na filmie¹² przygotowanym przez jej twórcę.

Poza aplikacjami przeznaczonymi tylko do użytku w przestrzeni biblioteki, równie często (o ile nie częściej) wykorzystywane jest również oprogramowanie o ogólniejszym zastosowaniu. Najpopularniejszą tego typu aplikacją jest Aurasma¹³, która poza cechami typowymi dla tego typu programu oferuje całe środowisko do tworzenia własnych, spersonalizowanych projektów. Program jest stworzony przez firmę Autonomy, która obecnie jest częścią giganta technologicznego – Hewlett-Packard. Dostępna jest na urządzenia mobilne z systemem operacyjnym Android oraz iOS. Działanie systemu jest podobne do aplikacji opartych na markerach. Z tą jednak różnicą, że w tym wypadku tradycyjny marker (zazwyczaj w postaci czarnobiałego kwadratu, bądź jakiegoś symbolu/ilustracji) może zostać zastąpiony przez dowolny obiekt wybrany przez użytkownika (podobnie jak we wcześniej wspomnianej ARchive LAPL). Interakcja odbywa się oczywiście za pomocą urządzenia mobilnego wyposażonego w kamerę cyfrową, dzięki któremu osoba użytkująca projekt oparty o Aurasma namierza wcześniej powiązany z systemem obiekt (w programie takie obiekty nazywane są Aurami), co wyzwala odtwarzanie filmu, pokaz zdjęć, zapis muzyczny bądź przenosi użytkownika na oddzielną stronę internetową. Aurasma wykorzystywana jest bardzo często wśród bibliotek publicznych i pedagogicznych – tworzone w niej projekty służyć mogą do animacji czytelnictwa bądź poznawania biblioteki i ułatwiania poruszaniu się po niej.

Z perspektywy bibliotek medycznych, studentów oraz praktyków niezwykle ciekawym projektem wydawać może się HoloAnatomy. Aplikacja ta do nauki anatomii

¹¹ <https://www.youtube.com/watch?v=NgZVI630Ssl>

¹² <https://www.youtube.com/watch?v=aMWDnvRBKiw>

¹³ <https://www.aurasma.com/>

wykorzystuje gogle HoloLens stworzone przez Microsoft. Korzystając z ogromnych możliwości okularów, oprogramowanie wyświetla w pełni interaktywne, trójwymiarowe anatomiczne modele poszczególnych części ludzkiego ciała. Za pomocą gestów użytkownicy mogą obracać, przybliżać oraz wchodzić w inne interakcje z wirtualnym obiektem. Aplikacja dostępna jest na oficjalnej stronie sklepu Microsoft¹⁴, a jej działanie można zobaczyć na jednym z filmów¹⁵. Oprogramowanie to nie zalicza się do „bibliotecznych projektów”, jednak doskonale pokazuje, w jakim kierunku zmierza wykorzystywanie technologii AR w edukacji. Oczywiście łatwo wyobrazić sobie, że podobna aplikacja mogłaby stanowić rozszerzenie tradycyjnych książek do nauki anatomii, gdzie student mógłby skanować i wyświetlać wirtualne, interaktywne odpowiedniki ilustracji zawartych w książce.

Rzeczywistość rozszerzona w polskich bibliotekach

Sympatia, a czasami nawet fascynacja technologią AR wśród bibliotekarzy na zachodzie niestety nie do końca przekłada się na polskie środowisko. Zainteresowanie rzeczywistością rozszerzoną wśród polskiego bibliotekarstwa (szczególnie w porównaniu ze Stanami Zjednoczonymi) jest znikome. Brak jest informacji o wykorzystywaniu AR przez biblioteki akademickie czy medyczne. Rzeczywistość rozszerzona w Polsce obecna jest wśród bibliotekarzy pracujących w bibliotekach publicznych bądź pedagogicznych. Relatywnie często wykorzystywana jest m.in. w bibliotece publicznej w Legionowie, gdzie pracownicy korzystając z wcześniej opisywanej aplikacji Aurasma tworzą projekty z pogranicza animacji czytelnictwa oraz grywalizacji. Jedną z inicjatyw bibliotekarzy z Legionowa było stworzenie gry miejskiej „Znajdź białego kruka”, która została wyróżniona przez Stowarzyszenie Bibliotekarzy Polskich w ramach Tygodnia Bibliotek w roku 2017¹⁶. Inne aplikacje AR są wykorzystywane m.in. przez bibliotekę w Kętach¹⁷ oraz Cieszanowie¹⁸. Są to jednak nieliczne przykłady wykorzystywania tej technologii przez bibliotekarzy w Polsce.

Ogromny potencjał, (nie)wielkie zainteresowanie

Wyżej przytoczone przykłady pokazują jak wielki potencjał niesie za sobą technologia rzeczywistości rozszerzonej. Szereg dostępnych aplikacji pozwala na realizowanie własnych pomysłów poczynawszy od tych najprostszych, na potrzeby animacji czytelnictwa dziecięcego, poprzez duże projekty z zakresu nowoczesnego i immersyjnego prezentowania zbiorów aż do usprawniania pracy bibliotekarzy na poziomie

¹⁴ <https://www.microsoft.com/en-us/store/p/holoanatomy/9nblggh4ntd3>

¹⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=h4M6BTYRIKQ>

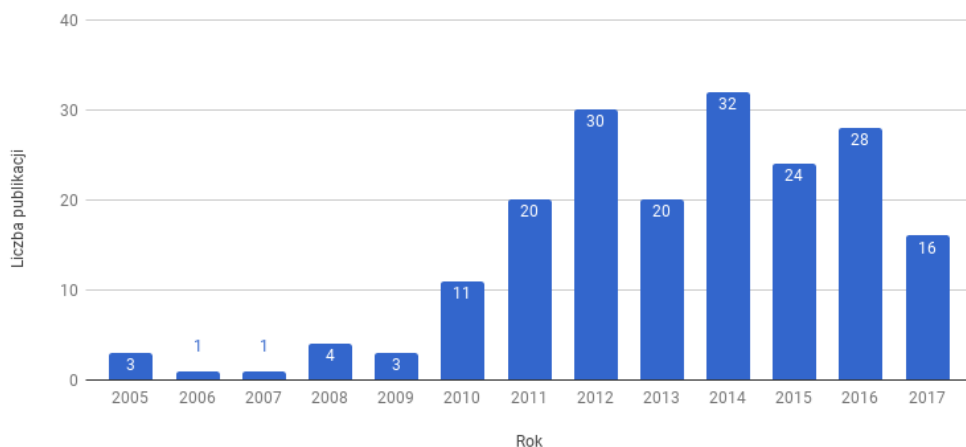
¹⁶ http://www.sbp.pl/konkurs/nagrodzeni?konkurs_id=17698

¹⁷ <http://www.biblioteka.kety.pl/rozszerzona-rzeczywistosc/>

¹⁸ <http://www.mbp.cieszanow.eu/ar-czyli-rozszerzona-rzeczywistosc,1,496.html>

zarządzania księgozbiorem. Dużą wartość niosą za sobą również projekty edukacyjno-naukowe oparte o AR. Program do nauki anatomii to tylko jedna z wielu tego typu koncepcji, która, może nie bezpośrednio, ale również w dużym stopniu dotyczyć może bibliotek. Mogą one bowiem udostępniać niezbędne do pracy urządzenia, tak jak robią to biblioteki w USA, gdzie m.in. biblioteka w San Jose udostępnia zestawy gogli firmy Oculus Rift¹⁹. Podobne inicjatywy można również znaleźć w Polsce (np. wcześniej wymieniona biblioteka w Legionowie), gdzie może na nieco mniejszą skalę, udostępniane są czytelnikom urządzenia mobilne do pracy z rzeczywistością rozszerzoną.

Mniejsze zainteresowanie, poza samymi implementacjami w bibliotekach, potwierdza to również analiza piśmiennictwa naukowego. Przeglądowi systematycznemu poddano bowiem prace naukowe z zakresu informacji naukowej i bibliotekoznawstwa, które dotyczyły zagadnienia rzeczywistości rozszerzonej. Wyszukiwanie przeprowadzone w bazach LISTA, ERIC oraz Google Scholar po usunięciu duplikatów wykazało łącznie 193 teksty, gdzie 186 prac to teksty obcojęzyczne (głównie w języku angielskim), a jedynie 7 to artykuły w języku polskim. Rozkład zainteresowania tym tematem w poszczególnych latach przedstawia wykres 1.



Wyk. 1 Liczba publikacji a rok wydania (źródło: opracowanie własne)

Powyższy rozkład pokazuje, że zainteresowanie tematem rzeczywistości rozszerzonej w piśmiennictwie z dziedziny LIS wzrosło dość znacząco w 2011 roku. W kolejnych latach liczba publikacji wahała się, jednak zawsze była to liczba powyżej 20 prac rocznie. Dane z roku 2017 pochodzą z czerwca, dlatego też na wykresie oznaczono jedynie 16 prac.

¹⁹ <https://www.sjpl.org/blog/virtual-reality-library>

Prace obcojęzyczne prezentowały całe spektrum perspektyw, z jakich został podjęty temat rzeczywistości rozszerzonej. Znaleźć można prace zarówno teoretyczne jak i praktyczne, o charakterze popularyzatorskim, relacje oraz gotowe instrukcje dla praktyków. AR w polskim piśmiennictwie zaś, podejmowana jest jedynie na poziomie koncepcyjnym i popularyzatorskim, brakuje tu konkretnych rozwiązań, propozycji lub relacji z udanych (bądź nie) wdrożeń technologii do bibliotek.

Podsumowując, rzeczywistość rozszerzona w bibliotekach to wciąż relatywnie nowy temat, który wśród dużej społeczności bibliotekarzy wzbudza bardzo duże emocje. Z roku na rok pojawiają się coraz to nowe aplikacje, które z powodzeniem wykorzystywane są w bibliotekach. Niestety, badania pokazały, że na gruncie polskim ten temat nie jest tak eksplorowany jak w bibliotekarstwie zachodnim. Jako teoretycy i praktycy, liczyć możemy tylko na to, że wkrótce wewnątrz naszych bibliotek rzeczywistość rozszerzona będzie znacznie częstszym gościem, gdyż jest to gość bardzo wartościowy.

Bibliografia

Dejnaka Agnieszka: Rzeczywistość rozszerzona i jej zastosowanie w edukacji. *E-mentor*. 2012 nr 2 (44) s. 30–36

Kipper Greg, Rampolla Joseph: *Augmented Reality: an emerging technologies guide to AR*. Amsterdam: Elsevier, 2012. – 208 s. ISBN 978-1597497336

Leniek Antoni: VR lub Virtual Reality, Rzeczywistość wirtualna [online]. i-slovník.pl [dostęp: 09-12-2017]. Dostępny w Internecie: <http://www.i-slovník.pl/1535,vr-lub-virtual-reality-rzeczywistosc-wirtualna/>

Milgram Paul, Kishino Fumio: A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 1994 vol. E76-D s. 1321–1329

Pardel Przemysław: Przegląd ważniejszych zagadnień rozszerzonej rzeczywistości. *Studia Informatica*. 2009 vol. 30, nr 1 s. 35–64

Roszkowski Marcin: Rzeczywistość rozszerzona w edukacji w świetle piśmiennictwa. W: Kompetencje cyfrowe nauczycieli przedmiotów ścisłych w gimnazjach i nowoczesne technologie w dydaktyce chemii. Warszawa: Stowarzyszenie Bibliotekarzy Polskich, 2015 s. 109–133