

Augmented reality and textbooks: systematic review

Realtà aumentata e libro di testo: analisi della letteratura

Maria Filomia^a

^a *Università degli Studi di Perugia*, maria.filomia@unipg.it

Abstract

This study presents a systematic literature review on augmented reality textbooks. During the analysis, the subjects of the searches, the typologies of used technologies, the benefits and the difficulties highlighted have been considered as factors of investigation. The results reveal that augmented reality textbooks is not very diffused despite the results of the analyzed searches showing the effectiveness of its use in the educational context.

Keywords: augmented reality; textbook; interactive learning environment; systematic review.

Abstract

Questo lavoro propone un'analisi della letteratura sull'utilizzo della realtà aumentata nei libri di testo. Nell'analisi sono stati considerati come fattori di indagine i soggetti delle ricerche, le tipologie di tecnologie utilizzate, i benefici e le difficoltà evidenziati. I risultati rivelano che la realtà aumentata come supporto ai libri di testo scolastici ancora non è molto diffusa nonostante i risultati delle ricerche analizzate dimostrino una efficacia del suo utilizzo nel contesto didattico.

Parole chiave: realtà aumentata; libri di testo; ambiente di apprendimento interattivo; analisi della letteratura.

1. Introduzione

La Realtà Aumentata (RA) è una tecnologia che si propone di arricchire l'esperienza sensoriale degli utenti, è una tecnologia che utilizzando lo schermo di un cellulare, di un tablet o di un computer, consente di aggiungere informazioni, immagini, video, audio e potenzialmente anche profumi (Azuma, Baillet, Behringer & Feiner, 2001) a ciò che noi vediamo. La RA è una tecnologia avanzata che unisce elementi virtuali generati da computer o altri devices all'interno di un ambiente fisico permettendo l'interazione con gli oggetti virtuali tridimensionali (Chen & Tsai, 2012). Attraverso la RA gli utenti possono interagire con oggetti virtuali che sono interposti su scene reali intorno a loro e ottenere l'esperienza di interazione uomo-macchina più naturale e genuina (Cai, Wang & Chiang, 2014). La RA è una tecnologia 3D che migliora la percezione sensoriale dell'utente nel mondo reale (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018) e, offrendo straordinarie opportunità di combinazione tra reale e virtuale, permette all'utente di combinare nella scena reale, oggetti e immagini virtuali generati da un computer o da un mobile device (Azuma et al., 2001; Kesim & Ozarlan, 2012). La RA si posiziona in un continuum tra ambiente reale e ambiente virtuale (Azuma, 1997; Milgram, Takemura, Utsumi & Kishino, 1994) e possiede le seguenti tre caratteristiche (Azuma, 2017):

- deve combinare il mondo reale e quello virtuale;
- deve consentire interazione in tempo reale con l'utente;
- deve essere realizzata in uno spazio 3D.

La RA non va confusa con la realtà virtuale perché, sebbene entrambe forniscano all'utente un'esperienza immersiva, la RA, permettendo anche una fruizione senza dispositivi come casco o occhiali, consente all'utente di mantenere la connessione con il mondo reale (Cardoso, Cardoso, Oliveira & Lidia, 2017; Garcia-Sanchez, 2017; Kesim & Ozarlan, 2012). Nel rapporto tra la realtà virtuale e la RA le differenze si evidenziano utilizzando una tassonomia a tre dimensioni, come sottolineato da Milgram et al. (1994):

- *reality*, gli ambienti utilizzati possono essere principalmente virtuali, nel senso che sono stati creati artificialmente, nel caso della realtà virtuale, mentre la RA inserisce in ambienti principalmente reali oggetti virtuali;
- *immersion*, nella RA gli ambienti virtuali e reali possono essere visualizzati senza che l'osservatore sia completamente immerso in essi diversamente dalla realtà virtuale;
- *directness*, in relazione alla modalità attraverso cui vengono visualizzati gli oggetti.

La RA è una tecnologia 3D che unisce il mondo fisico e quello digitale in tempo reale. Le applicazioni basate su questa tecnologia poggiano su tre pilastri: strumenti per tracciare le informazioni sugli oggetti di interesse del mondo reale, hardware e software per elaborare le informazioni, dispositivi per mostrare all'utente le informazioni digitali integrate nell'ambiente reale (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

Le attuali applicazioni RA sfruttano i sensori di geo-posizionamento (GPS), le telecamere integrate e l'accesso permanente a internet. La RA è una tecnologia relativamente recente che comincia a trovare ampi spazi di utilizzo sia in campo commerciale che nell'entertainment, come le Lego Augumented Reality app. Ci sono interessanti

esperienze di utilizzo in realtà museali che stanno implementando questa tecnologia per rendere le visite più interattive e consentire ai visitatori di arricchire la propria esperienza, un esempio è l'app Keyart¹, che consente di ottenere informazioni sui musei che aderiscono all'iniziativa, ma al contempo, permette durante la visita di ottenere informazioni sui quadri attraverso la funzione di riconoscimento dell'opera inserita nell'app.

L'utilizzo della RA è diventato oggetto di ricerca (Kesim & Ozarslan, 2012; Zhenming, Mayu, Mamoru & Tatami, 2017) anche in campo educativo, ed è proprio la facilità di utilizzo sia attraverso dispositivi mobile che attraverso computer che ha sollecitato numerosi studi e applicazioni in ogni ordine di scuola (Akçayır & Akçayır, 2017; Zhang, Ogan, Liu, Sung & Chang, 2016).

2. Lo scopo dello studio

In relazione alle evidenze legate all'integrazione della RA nella didattica (Kesim & Ozarslan, 2012; Wu, Lee, Chang & Liang, 2013), lo scopo principale di questo studio è quello di individuare, attraverso l'analisi della letteratura, quali pratiche di utilizzo della RA e sperimentazioni legate all'utilizzo del libro di testo scolastico, in quali ordini di scuola sono maggiormente diffusi, quali sono gli strumenti maggiormente utilizzati e quali benefici e quali difficoltà presenta il loro utilizzo.

In particolare, le domande di ricerca sono state le seguenti:

RQ1: Chi sono i partecipanti coinvolti? In quali ordini di scuola sono state condotte le sperimentazioni? A quali studenti gli studi sono rivolti?

RQ2: Quali tecnologie sono state utilizzate?

RQ3: Quali benefici vengono documentate nelle ricerche analizzate?

RQ4: Quali difficoltà vengono documentate nelle ricerche analizzate?

2.1. Metodo: il processo di selezione dei documenti

Nella analisi della letteratura su un determinato argomento possono essere utilizzati diversi metodologie di selezione dei paper (Harris, Quatman, Manring, Siston, & Flanigan, 2014).

Per questa revisione (Hsieh & Shannon, 2005) sono stati selezionati gli articoli che presentavano l'utilizzo della RA all'interno in integrazione con i libri di testo. La selezione è stata ottenuta attraverso il Database dell'Ateneo perugino, Primo Unipg².

In particolare per la ricerca qui presentata i database utilizzati sono stati: Scopus (Elsevier), SciTech Premium Collection, OneFile (GALE), Science Citation Index

¹ I musei italiani che utilizzano questa app sono i seguenti: Gallerie degli Uffizi, Pinacoteca di Brera, Peggy Guggenheim Collection, Musei Vaticani.

² Primo Unipg è il punto di accesso unico alle risorse bibliografiche di Ateneo. Esso mette a disposizione degli utenti dell'Ateneo articoli, e-book, riviste online e banche dati in abbonamento o disponibili gratuitamente in rete, l'archivio della ricerca di Ateneo e i prodotti della ricerca di Ateneo archiviati in IRIS Res&Arch.

Expanded (Web of Science); ProQuest Central; ScienceDirect Journal (Elsevier); MEDLINE/PubMed; JSTOR Archival Journals; Business Premium Collection; DOAJ; JSTOR Current Journal; ProQuest Business Collection; SpringerLink; Springer (CrossRef); IEEE Journal & Magazines; ProQuest Social Sciences Premium Collection; MLA International Bibliography.

All'interno di Primo Unipg la ricerca è stata effettuata utilizzando la funzione di ricerca avanzata inserendo come parole chiave *augmented reality* e *textbook* da cercare in tutti i campi di ricerca, come operatore Booleano è stato utilizzato AND, per la ricerca non è stato indicato nessun limite temporale. L'ultima ricerca è stata condotta a gennaio 2019. La prima ricerca ha individuato 21 articoli che sono stati scaricati in formato digitale. La selezione degli articoli è stata condotta da un solo ricercatore e durante la selezione sono stati individuati i criteri di inclusione e di esclusione presentati nella Figura 1.

Criteria di inclusione	Criteria di esclusione
a. utilizzo della RA nei libri di testo in contesto scolastico di qualsiasi ordine e grado	a. utilizzo di RA nei contesti extrascolastici
b. articoli peer-reviewed	b. le recensioni
c. atti di convegno	c. gli articoli riportati più volte perché presenti in più di un database
	d. utilizzo del libro di testo solo nel gruppo di controllo

Figura 1. Criteri di inclusione e di esclusione.

Applicando tutti i criteri di inclusione e di esclusione gli articoli considerati rilevanti per questo studio sono otto, elencati nella Figura 2.

	Autore/autori	Titolo	Anno
P1	Alhumaidan, Lo & Selby	Co-designing with children a collaborative augmented reality book based on a primary school textbook	2018
P2	Garcia-Sanchez	Augmenting reality in books: A tool for enhancing reading skills in Mexico	2017
P3	Gomes et al.	Augmented reality in formal learning environments: Intervention in a visual education textbook	2017
P4	Gopalan et al.	Conventional approach vs augmented reality textbook on learning performance: A study in science learning among secondary school students	2016
P5	Gopalan et al.	A study of students' motivation based on ease of use, engaging, enjoyment and fun using the augmented reality science textbook	2016
P6	Zhang et al.	The influence of using augmented reality on textbook support for learners of different learning styles	2016
P7	Ling & Shuyu	Design research and practice of augmented reality textbook	2014
P8	Tambunan & Nugroho	Marker textbook for augmented reality on mobile learning	2014

Figura 2. Articoli inclusi nello studio.

La distribuzione temporale degli articoli individuati va dal 2014 al 2018.

2.2. La realtà aumentata

La RA è considerato un ponte tra virtuale e reale (Wu et al., 2013), la RA crea una realtà che è migliorata ed aumentata, e consente una nuova esperienza di insegnamento-apprendimento infatti la coesistenza di oggetti virtuali all'interno dell'ambiente reale permette allo studente la visualizzazione di oggetti astratti, fare esperimenti, interagire con oggetti tridimensionali (Wu et al., 2013). La possibilità di sovrapporre gli oggetti virtuali generati dal computer o attraverso altri dispositivi, nel mondo reale cambia il modo in cui interagiamo e le esperienze diventano reali perché possono essere visti in tempo reale piuttosto che attraverso un'esperienza statica (Kesim & Ozarlan, 2012).

Le interfacce di RA offrono una perfetta interazione tra il mondo reale e quello virtuale, infatti, gli utenti possono vedere nell'ambiente visivo reale, attraverso l'inserimento di specifici marcatori, gli oggetti in 3D e possono anche manipolarli (Tambunan & Nugroho, 2014). La RA arricchisce le scene con materiali informativi aggiuntivi come testo, immagini, audio, video e grafica basati sulla percezione del mondo reale (Azuma et al., 2001; Gopalan, Zulkifli & Bakar, 2016a; Kesim & Ozarlan, 2012). L'utente può spostarsi sull'immagine virtuale tridimensionale e visualizzarla da diversi punti di vista, proprio come un oggetto reale e anche manipolarla (Cardoso et al., 2017). Le informazioni trasmesse dagli oggetti virtuali possono aiutare gli utenti a svolgere compiti reali (Kesim & Ozarlan, 2012).

Secondo Gopalan (Gopalan et al., 2016a; 2016b) in particolare l'utilizzo di RA in integrazione con gli altri elementi di una progettazione multimediale, secondo i principi di Mayer, potrebbe migliorare la memoria a lungo termine degli studenti perché gli studenti imparano meglio dalle parole e dalle immagini che dalle sole parole.

Secondo Garcia-Sanchez (2017), inoltre, l'esperienza educativa offerta dalla RA può essere preziosa, perché supporta interazioni, senza interruzioni, tra ambienti reali e virtuali, permette una facile manipolazione degli oggetti e permette una transizione tra realtà e virtualità immediata. Secondo questo autore la RA supporta attività di apprendimento significativo perché è considerato strumento di apprendimento più dinamico, accattivante ed efficace (Cardoso et al., 2017; Garcia-Sanchez, 2017).

La RA è quindi adatta per essere implementata nei processi di insegnamento e apprendimento migliorandone l'efficacia (Cardoso et al., 2017; Garcia-Sanchez, 2017; Zhang et al., 2016) e può anche essere utilizzata per promuovere le attività di tipo collaborativo (Cardoso et al., 2017; Kesim & Ozarlan, 2012).

Akçayır e Akçayır (2017), nel loro studio, analizzano 68 articoli cui viene presentata la RA in contesto educativo e ne evidenziano gli aspetti positivi e i limiti. Secondo gli studi di Akçayır e Akçayır (2017) l'utilizzo della RA, considerata come ambiente di apprendimento ibrido e immersivo, promuove negli studenti:

- l'esplorazione del mondo reale;
- la motivazione;
- l'acquisizione di abilità di ricerca;
- lo sviluppo del pensiero critico e delle capacità di problem solving;
- la comunicazione attraverso le attività di apprendimento collaborativo.

I vantaggi sono stati, dagli autori, classificati attraverso quattro categorie: i risultati di apprendimento, le pratiche pedagogiche messe in campo, le tipologie di interazioni possibili grazie alla RA, ed una quarta categoria *other* che attiene a vantaggi legati alla facilità d'uso e al basso costo.

Secondo questa ricerca gli studenti dimostrano un aumento dell'interesse legato alla piacevolezza di apprendere attraverso il gioco. La componente 3D è risultata molto efficace nell'aiutare gli studenti ad aver una migliore comprensione dei contenuti con una conseguente maggiore soddisfazione anche da parte degli insegnanti rispetto alla loro pratica di insegnamento.

Tra i limiti evidenziati si sottolinea come questo tipo di tecnologie richieda un adeguato livello di conoscenze tecniche da parte degli insegnanti per essere implementato, inoltre gli errori del GPS, i problemi tecnici possono causare distrazione e frustrazione negli studenti.

Secondo Cardoso et al. (2017) la RA presenta le seguenti caratteristiche interessanti in contesti educativi:

- consente l'accesso ai contenuti di apprendimento in prospettive tridimensionali;
- favorisce lo sviluppo dell'apprendimento collaborativo e situato;
- fornisce agli utenti un senso di presenza, immediatezza e immersione;
- rende visibile l'invisibile attraverso un dispositivo di visualizzazione (smartphone o tablet, ad esempio) e un'app che consente di visualizzare contenuti digitali sovrapposti con oggetti del mondo reale;
- collega i contesti di apprendimento formale e informale.

La progettazione di questi ambienti aumentati richiede un complesso processo di costruzione, Ling e Shuyu (2014) propongono un modello organizzato in quattro fasi:

1. analisi dei requisiti necessari per lo sviluppo della RA;
2. il project design;
3. l'implementazione;
4. la messa a punto e il rilascio.

2.3. Il libro di testo digitale

Uno degli usi educativi della RA è relativo alla sua integrazione nei libri con testi analogici, fornendo ai lettori i vantaggi di entrambi i media. Sui libri di carta i lettori guardano le immagini, girano le pagine e leggono il testo senza alcuna tecnologia esterna, tuttavia, grazie ai display in RA, gli utenti possono visualizzare ulteriori materiali multimediali come modelli virtuali tridimensionali o video e manipolare oggetti virtuali utilizzando i marcatori presenti nel testo (Garcia-Sanchez, 2017; Ling & Shuyu, 2014). L'uso di oggetti visivamente integrati con il libro di testo dovrebbe consentire agli studenti di comprendere e mettere in pratica i contenuti appresi (Tambunan & Nugroho, 2014). Attraverso l'uso della RA le pagine dei libri stampati come i libri di testo diventano fonti d'informazione dinamiche. In questo modo anche le persone senza specifiche competenze digitali possono comunque avere una ricca esperienza interattiva (Kesim & Ozarslan, 2012).

I libri aumentati possono anche migliorare le capacità cognitive degli studenti attraverso le loro rappresentazioni incorporate, in particolare quelle di comprensione del testo e di memoria in quanto le informazioni acquisite attraverso esperienze di RA integrata sono più facili da ricordare rispetto a quelle originate separatamente dalle attività di carta o solo video (Garcia-Sanchez, 2017, Zhang et al., 2016)

Quando la RA è integrata con i libri illustrati rende l'esperienza della lettura maggiormente attraente e interessante per i suoi utenti (Cheng & Tsai, 2014) fornendo così vantaggi per migliorare l'alfabetizzazione dal punto di vista dell'apprendimento.

Negli ultimi anni sono stati sviluppati alcuni libri di RA e gli utenti hanno costantemente dimostrato atteggiamenti positivi nei loro confronti. Molti studiosi sostengono che i libri aumentati siano efficaci per catturare e mantenere l'attenzione degli studenti nell'apprendimento (Vincenzi et al., 2003); proprio per questo risultano particolarmente interessanti le esperienze di RA nei libri di testo scolastici per la scuola primaria (Alhumaidan et al., 2018; Garcia-Sanchez, 2017). Ulteriormente interessante appare l'uso della RA nei libri di testo di discipline scientifiche per la possibilità che danno di visualizzare esempi pratici difficili da realizzare nella realtà (Hsu, Chen & Wu, 2015; Tambunan & Nugroho, 2014), in particolare in quei contesti come quello della medicina legale dove a volte esistono dei limiti etici all'apprendimento in contesti di vita reale (Albrecht, Folta-Schoofs, Behrends & Von Jan, 2013).

Il libro di testo o manuale scolastico aumentato offre una ampia documentazione a partire da vari supporti medialti e facilita gli studenti nell'acquisizione di una serie di metodi estrapolati ad altre situazioni e contesti e stimola il piacere ad *imparare di più* negli studenti (Cardoso et al., 2017). Secondo Cardoso la tecnologia RA, che permette di unire la potenza del multimediale, l'apprendimento mobile e la motivazione naturale degli studenti ad utilizzare le tecnologie in un nuovo paradigma di interazione, potrebbe far diventare il libro di testo uno strumento privilegiato per diffondere la conoscenza.

3. La revisione della letteratura

3.1. I lavori rilevanti

I documenti idonei sono stati codificati e analizzati da un ricercatore, in ogni articolo sono stati messi in evidenza i punti relativi agli aspetti da analizzare (RQ1, RQ2, RQ3, RQ4).

Per quanto riguarda RQ1 gli articoli sono stati suddivisi in relazione all'ordine scolastico (scuola primaria, scuola secondaria, università); per quanto riguarda RQ2 le sperimentazioni sono state analizzate ed elencate le tecnologie e i tool utilizzati; per quanto riguarda RQ3 e RQ4 gli studi sono stati codificati identificando i benefici per l'apprendimento e le difficoltà emersi nelle sperimentazioni raccolti in una tabella Excel e presentati qui in maniera aggregata. La Figura 3 che sintetizza gli obiettivi degli studi analizzati, il tipo di ricerca con indicazione del campione nel caso di ricerca sperimentale.

	Obiettivo dello studio	Tipologia di ricerca	Risultati e conclusioni
P1 Alhumaidan, Lo & Selby	Migliorare l'esperienza di apprendimento collaborativo attraverso un'esperienza di co-progettazione e realizzazione di un libro di testo aumentato	Ricerca sperimentale 9 bambini (4 maschi e 5 femmine) di 8-10 anni	L'esperienza di co-progettazione di un libro di testo aumentato contribuisce a aumentare la capacità collaborativa negli studenti
P2 Garcia-Sanchez	Verificare se il libro di testo aumentato può essere un valido strumento per aumentare la competenza di lettura nelle scuole messicane contrastando la diminuzione del numero	Ricerca teorica	Gli studi condotti suggeriscono che l'uso di elementi digitali contribuisca a migliorare i testi tradizionali aumentando il coinvolgimento dei

	dei lettori e le ore spese per la lettura		bambini e questo è fondamentale per lo sviluppo dell'alfabetizzazione di base	
P3	Gomes et al.	Verificare l'efficacia degli approcci didattici basati sulla didattica multimediale e la didattica multimediale aumentata attraverso uno studio comparativo sperimentale	Ricerca sperimentale Due gruppi classe di ultimo anno di scuola primaria, un gruppo sperimentale ed uno di controllo rispettivamente di 20 e 24 allievi	I risultati suggeriscono che il manuale ampliato contribuisce a risultati di apprendimento migliori rispetto al libro di testo tradizionale
P4	Gopalan et al.	Determinare gli effetti dell'uso del manuale scientifico avanzato usando RA sulle prestazioni di apprendimento	Ricerca sperimentale 140 studenti di una scuola secondaria divisi in due gruppi da 70 uno sperimentale ed uno di controllo	Lo studio dimostra un aumento significativo di risposte esatte ai test di controllo nel gruppo sperimentale
P5	Gopalan et al.	Verificare se l'utilizzo del libro di testo scientifico aumentato contribuisca al processo di apprendimento della scienza	Ricerca sperimentale 70 studenti della scuola secondaria di primo grado	I risultati forniscono supporto empirico per la relazione positiva e statisticamente significativa tra coinvolgimento, divertimento e la motivazione degli studenti per l'apprendimento scientifico, mentre la facilità d'uso non ha una relazione positiva e significativa con la motivazione degli studenti per l'apprendimento della scienza
P6	Zhang et al.	Determinare le ragioni alla base dell'efficacia dell'utilizzo della RA e in particolare le caratteristiche degli studenti per i quali è più adatto in relazione agli stili cognitivi	Ricerca sperimentale 66 studenti di scuola secondaria di primo grado coinvolti in un'attività di apprendimento basata su un libro di testo aumentato della durata di otto settimane	Lo studio dimostra che gli studenti con uno stile di apprendimento cinestetico e visuale hanno migliori vantaggi dall'utilizzo di questa tecnologia
P7	Ling & Shuyu	Questa ricerca analizza i vantaggi per lo sviluppo di libri di testo, attraverso uno studio di caso di progetti di libri di inglese per bambini basati su soluzioni tecnologiche di RA, in modo da fornire modelli di implementazione e riferimenti tecnici per lo sviluppo di simili libri di testo	Studio di caso	I libri di testo in inglese con la RA sono adatti per l'apprendimento dell'inglese da parte dei bambini

P8 Tambunan & Nugroho	Sviluppare modelli di apprendimento della fisica utilizzando la simulazione con l'applicazione della tecnologia della RA nei libri di testo per le scuole secondarie di secondo grado	Studio di caso	L'implementazione della tecnologia RA su dispositivi Android è relativamente facile da sviluppare. L'applicazione dei risultati per l'animazione e l'oggetto 3D è abbastanza buona e il risultato sarà facilmente applicato allo sviluppo del contenuto didattico
-----------------------	---	----------------	---

Figura 3. Presentazione delle ricerche analizzate.

4. Risultati

4.1. RQ1: Chi sono i partecipanti coinvolti? In quali ordini di scuola sono state condotte le sperimentazioni? A quali studenti gli studi sono rivolti?

Tra gli articoli selezionati, quattro papers, presentano in misura maggiore come campione di riferimento i bambini della scuola primaria, mentre tre sono rivolti a studenti della scuola secondaria di secondo grado e solo un paper si è focalizzato sulla scuola secondaria. Di primo grado, nonostante in letteratura sia documentata la sperimentazione della RA riferita alla prima infanzia (Akçayır & Akçayır, 2017; Alhumaidan et al., 2015; Han, Jo & Hyun, 2015), e al contesto universitario (Albrecht et al., 2013; Layona, Yulianto & Tunardi, 2018; Noll, Von Jan, Raap & Albrecht, 2017; Wu et al., 2012). Nessuno studio fa riferimento a studenti con bisogni educativi speciali.

4.2. RQ2: Quali tecnologie sono state utilizzate?

Come si evince dalla Figura 4 delle tecnologie utilizzate i software, le applicazioni utilizzati sono tanti e vari, e nessuna tecnologia viene utilizzata in più di una ricerca.

	Tecnologie utilizzate
P1	toolkit per costruire AR per tablet
P2	Zappar, Blippar, Gamooz, MagicBook, Alive Studios
P3	piattaforma AurasmaStudio
P4	Adobe Flash CS5, Adobe Photoshop CS5, Camtasia Studio 7.0, Autodesk 3DS Max 2010 and BuildAR 2.0.
P5	eSTAR Simply Viewport Strategy System (SVSS) sviluppato dagli autori dell'articolo
P6	SVSS
P7	Visual studio.net , ARToolkit (repertorio di immagini scritto in linguaggio C/C++), 3ds MAX 9.0, Theora converter.net
P8	Unity3D Tools, Qualcomm Augmented Reality (QCAR) 3D library

Figura 4. Tecnologie utilizzate.

La maggior parte delle risorse sono realizzate dai ricercatori che la utilizzano o comunque co-progettate con gli altri soggetti coinvolti nella sperimentazione. Questa varietà, se pure non espressa apertamente dai ricercatori, mette in luce come la costruzione dei libri aumentati richiede competenze tecnologiche avanzate e non è di immediato utilizzo dagli insegnanti nelle loro classi.

4.3. RQ3: Quali benefici vengono documentati nelle ricerche analizzate?

Tutte le ricerche analizzate mettono chiaramente in luce risultati di apprendimento significativi. Molti studi sottolineano come l'utilizzo dei libri di testo aumentati promuova il coinvolgimento attivo degli studenti aumentandone la motivazione in particolare per le materie scientifiche, rafforzandone i concetti, ma anche per l'aumento dell'interesse per la lettura e lo sviluppo dell'alfabetizzazione di base.

Il libro di testo aumentato permette agli studenti di lavorare seguendo il proprio ritmo di apprendimento e stimolando il coinvolgimento attivo dello studente. Questo tipo di tecnologia è risultata particolarmente efficace per i ragazzi che hanno uno stile di apprendimento cinestetico e visuale ed è rispettoso dei tempi degli studenti (Zhang et al., 2016).

In alcuni degli studi è stato dimostrato l'aumento di interazione e della socialità tra gli studenti coinvolti promuovendo apprendimento di tipo collaborativo (Alhumaidan et al., 2018).

Gli studi hanno messo in evidenza una positiva relazione, statisticamente significativa, tra il divertimento e la motivazione e l'interesse anche in riferimento ad apprendimenti di natura scientifica (Alhumaidan et al., 2018; Cardoso et al., 2017; Gopalan et al. 2016a; 2016b; Tambunan & Nugroho, 2014; Zhang et al., 2016).

Gli studi analizzati dimostrano che i libri di testo arricchiti con RA permettono di vedere oggetti animati e i personaggi prendere vita (Alhumaidan et al., 2018; Ling & Shuzu, 2016), mostrando i contenuti in 3D che risultano vividi e molto chiari (Ling & Shuzu, 2016). In tutti i papers la qualità degli oggetti in 3D è stata rappresentata come molto buona, oltre a permettere agli studenti un'interazione diretta con gli oggetti che in alcune sperimentazioni sono accompagnate anche da suoni e video.

Per quel che attiene ai contenuti proposti i libri aumentati presentati spaziano in diversi ambiti dimostrando una grande flessibilità ed adattabilità, la RA è stata utilizzata per libri di testo che presentano le lettere ai bambini che stanno apprendendo la lettura, come il progetto AREBC (Augumented Reality English Book for children, Ling & Shuzu, 2014) e la lingua madre (Garcia-Sanchez, 2017) anche se le materie scientifiche, come scienze, geometria e fisica, sembrano essere maggiormente rispondenti a sperimentazioni con la RA (Alhumaidan et al., 2018; Cardoso et al., 2017; Gopalan et al. 2016a; 2016b; Tambunan & Nugroho, 2014; Zhang et al., 2016).

4.4. RQ4: Quali difficoltà vengono documentate nelle ricerche analizzate?

L'utilizzo della RA con i libri di testo presenta dei limiti soprattutto di natura tecnica. La difficoltà che emerge maggiormente è legata alla difficoltà di progettazione e costruzione dei libri di testo aumentati. Tutti i libri di testo aumentati, presentati nei papers, sono stati progettati da studiosi e richiedono competenze informatiche elevate, non facilmente rintracciabili negli insegnanti (Alhumaidan et al., 2018; Gopalan et al., 2016a; Ling &

Shuzu, 2014; Zahng et al., 2016). In nessuna ricerca si fa riferimento a libri di testo editi da una casa editrice in versione aumentata.

Le difficoltà tecniche sono anche riportare come elementi che possono distrarre gli studenti, creare frustrazione e demotivare all'uso: la localizzazione GPS deve essere accurata per consentire un punto di vista ottimale dell'oggetto (Alhumaindan et al., 2018), di conseguenza qualunque errore di localizzazione impedisce la corretta visualizzazione degli oggetti 3D. Da un punto di vista tecnico un'altra difficoltà presentata è causata dalla disconnessione automatica del sistema quando lo studente fa una pausa nell'utilizzo (Gopalan et al., 2016b).

Il tempo richiesto per la progettazione e la costruzione di questi libri aumentati e i costi (Alhumaindan et al., 2018) sono un altro limite alla loro diffusione.

Rispetto agli studenti coinvolti viene presentata come limite lo sforzo richiesto loro e anche il tempo richiesto per utilizzo del libro aumentato, inoltre viene richiesto che anche gli studenti abbiano delle buone competenze informatiche di base (Alhumaindan et al., 2018; Gopalan et al., 2016a).

Infine, il libro di testo aumentato promuove un setting didattico Bring Your Own Device (BYOD), ma questo potrebbe far emergere differenze di status sociale all'interno del gruppo classe (Alhumaindan et al., 2018).

5. Conclusioni

La letteratura sul tema dell'utilizzo della RA per quanto riguarda la sua applicazione nei libri di testo, la ricerca e la sperimentazione risulta essere ancora limitata seppure le evidenze in termini di efficacia dell'apprendimento siano statisticamente significative. L'analisi condotta mette chiaramente in luce i vantaggi che dall'utilizzo di libri di testo aumentati possano derivare al processo di insegnamento-apprendimento soprattutto in termini di ampliamento e facilitazione nell'acquisizione delle conoscenze, inoltre il divertimento e la componente ludica appaiono significative nell'aumentare la motivazione ad acquisire conoscenze disciplinari specifiche come la scienza.

Quello su cui maggiormente sembra incidere il libro di testo aumentato è la motivazione al lavoro collaborativo e alla co-costruzione delle conoscenze. Ugualmente significativo appare nel permettere allo studente di organizzare il proprio apprendimento in maniera autonoma.

L'analisi sopra presentata testimonia come il tema ancora non abbia una lunga storia nella pratica educativa scolastica e, sicuramente alla luce delle evidenze relative ai benefici della RA in ambito scolastico, sarà importante proseguire gli studi, attraverso linee di ricerca che possono essere interessanti.

Il primo aspetto su cui proseguire gli studi riguarda la complessità progettuale e il costo elevato di progettazione che ne limita la diffusione nelle scuole. Sarà interessante promuovere ricerche volte a progettare e sperimentare delle applicazioni in grado di consentire agli insegnanti e alle scuole di introdurre questa tecnologia nella loro pratica didattica. Per realizzare soluzioni realistiche, è necessario progettare e coordinare progetti di ricerca multidisciplinari dove gli insegnanti devono collaborare con i ricercatori per sviluppare interfacce di RA per migliorare i contenuti e gli ambienti.

La seconda prospettiva su cui continuare la ricerca è lo studio delle potenzialità inclusive dell'utilizzo di libri di testo aumentati, aspetto completamente assente nelle ricerche indagate.

La progettazione dei libri di testo aumentati, infine, coinvolgendo i bambini, gli insegnanti e i ricercatori in esperienze di progettazione, potrebbe essere una utile strategia per affrontare la sfida di costruire le competenze digitali di *content creation* (Ferrari, 2013; Raccomandazione 2018/C 189/01).

Bibliografia

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002> (ver. 15.04.2019).
- Albrecht, U., Folta-Schoofs, K., Behrends, M., & Von Jan, U. (2013). Effects of mobile augmented reality learning compared to textbook learning on medical students: Randomized controlled pilot study. *Journal of Medical Internet Research*, 15(8), E182.
- Alhumaidan, H., Lo, K.P.Y., & Selby, A. (2018). Co-designing with children a collaborative augmented reality book based on a primary school textbook. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 15, 24–36.
- Azuma, R.T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4), 355–385.
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., & Feiner, S. (2001). Recent advances in augmented reality. *Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34–47.
- Cai, S., Wang, X., & Chiang, F.K. (2014). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31–40.
- Cardoso, G.J.D., Cardoso, C.M., & Oliveira, L.O. (2017). *Augmented reality in formal learning environments: Intervention in a visual education textbook*. Paper presented at the 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Lisbon, Portugal.
- Cheng, K.H., & Tsai, C.C. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59, 638–652.
- Cheng, K.H., & Tsai, C.C. (2014). Children and parents reading of an augmented reality picture book: analyses of behavioral patterns and cognitive attainment. *Computer & Education*, 72, 302–312.
- Ferrari, A. (2013). *DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe*. Publications Office of the European Union. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC83167/lb-na-26035-enn.pdf> (ver. 15.04.2019).
- Garcia-Sanchez, C.J. (2017). Augmenting reality in books: A tool for enhancing reading skills. *Mexico in Pub Res*, 33, 19–27.

- Gomes, J.D., Gomes, C.M., & Oliveira, L.M. (2017). *Augmented reality in formal learning environments: Intervention in a visual education textbook*. Paper presented at 2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Lisbon, Portugal.
- Gopalan, V., Zulkifli, A.N., & Bakar, J.A.A. (2016a). Conventional approach vs augmented reality textbook on learning performance: A study in science learning among secondary school students. *Revista De La Facultad De Ingenieria*, 31(5), 19–26.
- Gopalan, V., Zulkifli, A.N., & Bakar, J.A.A. (2016b). A study of students' motivation based on ease of use, engaging, enjoyment and fun using the augmented reality science textbook. *Revista de la Facultad de Ingenieria*, 31(5), 27–35.
- Han, J., Jo, M., Hyun, E., & So, H. (2015). Examining young children's perception toward augmented reality-infused dramatic play. *Educational Technology Research and Development*. 63(3), 455–474.
- Harris, J. D., Quatman, C. E., Manring, M. M., Siston, R. A., & Flanigan, D. C. (2014). How to Write a Systematic Review. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(11), 2761–2768.
- Hsieh, H.-F., & Shannon, S. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research*, 15, 1277–1288.
- Hsu, C., Chen, M., & Wu, C. (2015). *Teaching high school computer science with videos of historical figures - An augmented reality approach*. Paper presented at International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering, Taipei, Taiwan.
- Ibáñez, M., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123.
- Kesim, M., & Ozarslan, Y. (2012). Augmented reality in education: Current technologies and the potential for education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 297–302. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.654> (ver. 15.04.2019).
- Layona, R., Yulianto, B., & Tunardi, Y. (2018). Web based augmented reality for human body anatomy learning. *Procedia Computer Science*, 135, 457–464.
- Ling, Z., & Shuyu, Z. (2014). *Design research and practice of augmented reality textbook*. Paper presented at the International Conference of Educational Innovation through Technology, (EITT), Brisbane, Australia.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *Procedia SPIE - Telemanipulator and Telepresence Technologies*, Boston, MA, USA.
- Noll, C., Von Jan, U., Raap, U., & Albrecht, U. (2017). Mobile augmented reality as a feature for self-oriented, blended learning in medicine: Randomized controlled trial. *JMIR MHealth and UHealth*, 5(9), E139.
- Raccomandazione 2018/C 189/01 del Consiglio Europeo, 22 maggio 2018. *Competenze chiave per l'apprendimento permanente*. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01)&from=EN) (ver. 15.04.2019).

- Tambunan, T.D., & Nugroho, H. (2014). Marker textbooks for augmented reality on mobile learning. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 63(1), 69–73.
- Vincenzi, D.A., Valimont, B., Macchiarella, N., Opalenik, C., Gangadharan, S.N., & Majoros, A.E. (2003). The effectiveness of cognitive elaboration using augmented reality as a training and learning paradigm. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 47(19), 2054–2058.
- Zhang, J., Ogan, A., Liu, T., Sung, Y., & Chang, K. (2016). *The influence of using augmented reality on textbook support for learners of different learning styles. mixed and augmented reality (ISMAR)*. Paper presented at the 2016 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Barcelona, Spain.
- Zhenming, B., Mayu, U., Mamoru, E., & Tatami, Y. (2017). *Development of an English words learning system utilizes 3D markers with augmented reality technology*. Paper presented at the IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), Nagoya, Japan.
- Wu H., Lee S. W., Chang H., & Liang J., (2013). Current status opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computer & Education*, 62, 41–49.