

Gruppo di lavoro sulle tecniche  
di insegnamento e di apprendimento

<https://riviste.unige.it/index.php/glia/index>  
2975-0075

N° 4 - Anno 2025  
pp. 181-200

## **Integrazione dell'Intelligenza Artificiale e della Realtà Aumentata nel Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria: prospettive e applicazioni**

Elif GULBAY<sup>1</sup>, Valeria DI MARTINO<sup>2</sup>, Giorgia Rita DE FRANCHES<sup>3</sup>,  
Antonella LEONE<sup>4</sup>, Vanessa PITRELLA<sup>5 6</sup>.

<sup>1</sup>Università degli Studi di Palermo, Palermo (PA), [elif.gulbay@unipa.it](mailto:elif.gulbay@unipa.it)

<sup>2</sup>Università degli Studi di Palermo, Palermo (PA), [valeria.dimartino@unipa.it](mailto:valeria.dimartino@unipa.it)

<sup>3</sup>Università degli Studi di Palermo, Palermo (PA), [giorgiarita.defranches@unipa.it](mailto:giorgiarita.defranches@unipa.it)

<sup>4</sup>Università degli Studi di Foggia, Foggia (FG), [antonella.leone@unifg.it](mailto:antonella.leone@unifg.it)

<sup>5</sup>Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Modena (MO), [vanessa.pitrella@unimore.it](mailto:vanessa.pitrella@unimore.it)

<sup>6</sup>Istituto per le Tecnologie Didattiche – CNR, Palermo (PA) [vanessa.pitrella@itd.cnr.it](mailto:vanessa.pitrella@itd.cnr.it)

Open Access article distributed under CC BY-NC-ND 4.0  
Copyright © Genova University Press

## Abstract

L'integrazione dell'Intelligenza Artificiale (IA) e della Realtà Aumentata (AR) nell'istruzione universitaria apre nuove possibilità per la creazione di esperienze di apprendimento personalizzate, dinamiche e coinvolgenti. Questa sinergia tra IA e AR offre opportunità senza precedenti per migliorare l'esperienza di apprendimento degli studenti attraverso modalità innovative e coinvolgenti. L'IA, con la sua capacità di analisi dei dati, personalizzazione dell'apprendimento e creazione di esperienze educative su misura, offre strumenti avanzati per ottimizzare i processi di insegnamento e apprendimento. Attraverso l'analisi predittiva e la raccomandazione intelligente di contenuti, l'IA può consentire l'adattamento degli ambienti di apprendimento alle esigenze specifiche degli studenti, migliorando così l'efficacia dell'insegnamento. D'altra parte, la Realtà Aumentata offre un'esperienza immersiva che integra elementi virtuali nel mondo reale, creando contesti educativi interattivi e coinvolgenti. Attraverso l'AR, gli studenti possono esplorare concetti complessi in modo pratico e visuale, accedendo a informazioni contestualizzate e interattive direttamente dal proprio ambiente di apprendimento.

Il presente contributo analizza le potenzialità e le criticità dell'implementazione di IA e AR nel contesto dell'istruzione superiore. La ricerca approfondisce, in particolare, il ruolo di queste tecnologie emergenti nella personalizzazione dei percorsi didattici, esaminando le modalità attraverso cui gli insegnanti possono integrarle efficacemente nei processi educativi. Nello specifico, si presenta un'analisi empirica condotta presso il Corso di Laurea Magistrale in Scienze della Formazione Primaria dell'Università degli Studi di Palermo, finalizzata a promuovere un approccio consapevole all'utilizzo di ChatGPT e applicazioni AR nel contesto formativo. Mediante la disamina di casi di studio ed esperienze sul campo, vengono esplorati gli impatti, le opportunità e le sfide metodologiche derivanti dall'adozione sinergica di questi strumenti tecnologici. Sebbene le sperimentazioni condotte si riferiscano all'uso separato di IA e AR, si

configurano tuttavia come fasi preliminari esplorative per la progettazione futura di un intervento formativo integrato che valorizzi sinergicamente IA e AR nella didattica universitaria.

### **Keywords**

Intelligenza Artificiale, Realtà Aumentata, Faculty Development, Didattica Immersiva.

## **1. Introduzione**

Nell'attuale era digitale, le tecnologie stanno radicalmente trasformando i processi di insegnamento e di apprendimento, rivoluzionando i paradigmi educativi, attraverso approcci innovativi e interattivi. L'integrazione di tecnologie immersive, come la realtà aumentata (AR), unite all'intelligenza artificiale (IA) segna una transizione senza precedenti da un approccio didattico di tipo trasmissivo ad uno esperienziale e partecipativo, offrendo esperienze di apprendimento adattive e personalizzate. In questo contesto, gli studenti non si limitano a ricevere passivamente i contenuti didattici, ma assumono un ruolo attivo nel percorso di apprendimento, con il conseguente aumento del coinvolgimento e della motivazione, nonché del livello complessivo di engagement.

Nell'istruzione universitaria, l'intelligenza artificiale e la realtà aumentata hanno acquisito una certa rilevanza, offrendo nuove risorse per la formazione dei futuri insegnanti. Da un lato, l'IA supporta l'analisi di dati utili per suggerire percorsi formativi su misura, favorendo un'esperienza di apprendimento sempre più confacente ai bisogni individuali; dall'altro, l'AR ha introdotto una modalità di apprendimento di tipo immersivo, arricchendo la realtà con contenuti tridimensionali, che facilitano l'esplorazione di concetti complessi, con i quali lo studente può interagire autonomamente. Uno degli aspetti più promettenti dell'IA è la possibilità di adattare l'esperienza di apprendimento ai bisogni individuali degli studenti, contribuendo a rendere l'apprendimento più

accessibile, in grado di offrire un supporto mirato che facilita il percorso di studio di ogni studente. Questa personalizzazione ha il potenziale di migliorare l'esperienza educativa, fornendo un feedback continuo e favorendo una crescita più autonoma. L'AR supporta altresì i percorsi di personalizzazione, potenziando i processi educativi, con modalità di apprendimento significative, esperienziali e autentiche.

Nonostante le opportunità offerte, l'adozione di IA e AR solleva alcune riflessioni critiche. L'automazione, ad esempio, apre interrogativi su come integrare il ruolo tradizionale degli insegnanti con strumenti digitali, cercando di mantenere centrale l'interazione diretta e il pensiero critico. I futuri insegnanti, quindi, imparano a bilanciare le innovazioni tecnologiche con la necessità di preservare quegli elementi fondamentali che caratterizzano il processo didattico.

Per sfruttare appieno il potenziale di questi strumenti nelle scuole, è fondamentale che i futuri insegnanti sviluppino una solida conoscenza di base su come integrarli efficacemente. Strumenti come ChatGPT, ad esempio, possono supportare nella progettazione dei contenuti, incoraggiando al contempo il pensiero critico e l'autonomia intellettuale negli studenti. Allo stesso modo, progettare attività didattiche e laboratoriali che integrino la realtà aumentata, apporta notevoli benefici soprattutto nella comprensione e nell'analisi di concetti complessi che caratterizzano alcune discipline, in particolare quelle scientifiche. L'uso della realtà aumentata permette, infatti, di rendere visibili e interattivi processi altrimenti astratti o difficilmente osservabili, come la struttura molecolare in chimica o processi biologici. Grazie all'AR, gli studenti possono esplorare e manipolare virtualmente oggetti complessi, migliorando non solo la comprensione dei contenuti, ma anche le abilità pratiche e la capacità di risolvere problemi.

Il presente contributo esamina, pertanto, l'utilizzo dell'IA e dell'AR nella formazione universitaria dei futuri insegnanti, illustrando percezioni, sfide e opportunità e vantaggi, emersi in seguito a sperimentazioni che hanno coinvolto gli studenti del CdL in Scienze della Formazione Primaria dell'Università degli Studi di Palermo (a.a. 2023/2024), attraverso l'uso di ChatGPT e visori in realtà aumentata. Lo scopo è quello di formare insegnanti che sappiano integrare IA e AR nella didattica scolastica, creando esperienze di apprendimento centrate sui bisogni dell'apprendente, promuovendo un uso consapevole ed etico

delle tecnologie.

## **2. IA e AR come strumenti innovativi nella didattica universitaria**

Nel contesto dell'istruzione universitaria, l'integrazione dell'intelligenza artificiale e della realtà aumentata rappresenta una frontiera innovativa, di crescente interesse sia per la ricerca che per la didattica. Queste tecnologie non solo offrono modalità di apprendimento avanzate e coinvolgenti, ma si configurano anche come potenti strumenti di supporto educativo. La letteratura scientifica sottolinea, infatti, l'efficacia di IA e AR nel promuovere una partecipazione attiva degli studenti, facilitando al contempo lo sviluppo di competenze cognitive, sociali e collaborative che sono essenziali nel panorama educativo contemporaneo.

L'UNESCO (2019) riconosce l'IA come uno strumento chiave per una didattica inclusiva e personalizzata, evidenziando l'urgenza di preparare i docenti a sfruttarne le potenzialità. Un'efficace integrazione dell'IA nell'insegnamento richiede una formazione che combini competenze tecniche e riflessione critica, offrendo agli insegnanti le capacità necessarie per rispondere alle esigenze educative diversificate. In particolare, viene sottolineata l'importanza di una formazione docente che sia orientata non solo a trasferire le competenze tecniche necessarie per l'uso della IA, ma anche a sviluppare la capacità di valutarne l'applicazione in un'ottica etica e inclusiva. Uno degli aspetti principali in tal senso è la protezione della privacy e della sicurezza dei dati: il trattamento delle informazioni personali degli studenti deve essere gestito con estrema attenzione per evitare violazioni della privacy, garantendo un uso responsabile della tecnologia. Il documento *Guidance for Generative AI in Education and Research* (Holmes & Miao, 2023) raccomanda standard di sicurezza rigorosi per la protezione dei dati, in modo che l'adozione dell'IA non comprometta la fiducia degli utenti, soprattutto in ambito educativo.

Come evidenziato da Gentile et al. (2023) tra gli elementi introdotti dall'IA che hanno maggiormente trasformato il modo in cui insegnanti e studenti interagiscono, uno dei più significativi è costituito dagli Intelligent Tutoring Systems (ITS). Gli ITS rappresentano una delle innovazioni più rilevanti nell'ambito dell'IA educativa, in quanto offrono

un supporto didattico personalizzato che si adatta continuamente alle necessità specifiche degli studenti. Questi sistemi avanzati analizzano in tempo reale le attività e i progressi degli utenti, personalizzando contenuti e feedback in base alle loro competenze e ai loro bisogni formativi. In questo modo, l'IA promuove un apprendimento più proattivo, che risponde in modo dinamico e mirato alle esigenze individuali.

In accordo con quanto affermato, Ismail et al. (2024) propongono un approccio strategico per la preparazione dei futuri insegnanti, focalizzando l'attenzione su una AI literacy che consenta loro di integrare efficacemente l'IA nelle pratiche educative. Il metodo proposto prevede l'inclusione di moduli pratici di IA all'interno dei programmi di formazione degli insegnanti, favorendo una comprensione applicativa della tecnologia, collegata direttamente agli aspetti di progettazione didattica, valutazione e gestione della classe. Questo approccio, in sinergia con le linee guida dell'UNESCO (2019), mira a formare docenti capaci di implementare una didattica adattiva, inclusiva e attenta ai bisogni specifici degli studenti. Tuttavia, insieme al potenziale di personalizzazione, emerge la necessità di affrontare questioni etiche come i bias algoritmici. Questi possono compromettere la giustizia e l'equità all'interno dell'ambiente educativo, poiché i dati utilizzati dagli algoritmi possono riflettere pregiudizi preesistenti. I futuri insegnanti devono acquisire competenze specifiche per riconoscere e limitare tali distorsioni, assicurando che l'IA favorisca una didattica equa e inclusiva, capace di adattarsi alle esigenze di tutti gli studenti, senza discriminazioni (Gulbay & Pitrella, 2024).

Ulteriori studi, come quello di Chiu et al. (2023), evidenziano inoltre che l'IA può rivoluzionare la didattica grazie alla personalizzazione dei percorsi formativi e al miglioramento dei sistemi di valutazione, offrendo supporti adattivi che rispondono alle esigenze specifiche degli studenti. Tuttavia, viene anche messa in evidenza la necessità di affrontare questioni etiche, come i bias algoritmici, proponendo una formazione docente che favorisca un utilizzo consapevole e inclusivo dell'IA in ambito educativo.

Parallelamente, la realtà aumentata emerge come una tecnologia che trasforma l'ambiente educativo attraverso la sovrapposizione di elementi virtuali alla realtà fisica (Azuma, 2001). Studi come quelli di Avila- Garzon e colleghi (2021) e Cao et al. (2023) hanno dimostrato come l'AR consenta

agli studenti di esplorare concetti complessi attraverso simulazioni visive e interazioni pratiche, superando così i limiti dei metodi didattici tradizionali. Questa modalità di apprendimento esperienziale si allinea con il paradigma del learning by doing, efficace nell'aumentare la motivazione, l'autoefficacia e la capacità di autoregolazione degli studenti (Ibáñez et al., 2014 ; Dunleavy & Dede, 2014).

Nel rapporto Horizon 2023 (Pelletier et al., 2023) è stato evidenziato come l'AR continua ad essere una delle tecnologie emergenti più rilevanti per le scuole e le università, proprio perchè promuove un apprendimento di tipo immersivo, profondo, esperienziale, significativo, adattivo e aumenta il coinvolgimento e l'interesse degli studenti verso lo studio.

In particolare, l'AR si dimostra particolarmente utile per l'insegnamento e l'apprendimento delle discipline STEAM (Scienza, Tecnologia, Ingegneria, Arte e Matematica), dove concorre al potenziamento di alcune abilità come la comprensione visuo-spaziale e il problem-solving. In questo ambito, l'AR permette di sviluppare alcune competenze essenziali, come il pensiero critico, la risoluzione di problemi, la collaborazione e altre abilità essenziali per il successo accademico e professionale futuro (Kruger et al., 2019).

L'integrazione di IA e AR nell'istruzione universitaria rappresenta una prospettiva promettente per l'innovazione educativa, per formare insegnanti capaci di adottare nuove metodologie e strumenti innovativi a scuola, pur presentando sfide significative. Questi sistemi avanzati non solo potenziano l'apprendimento, ma spingono a ripensare il ruolo dell'insegnante e dello studente in un ambiente di apprendimento sempre più interconnesso e digitalizzato.

### **3. Esperienza formativa sull'uso dell'Intelligenza Artificiale in educazione**

L'esperienza descritta si focalizza sulla formazione etica e consapevole all'uso dell'intelligenza artificiale generativa, configurandosi come una fase preliminare in vista di una futura progettazione che integri sinergicamente le due tecnologie. In questa fase, infatti, si ritiene fondamentale sviluppare negli studenti, futuri insegnanti, una coscienza critica sull'utilizzo dei chatbot, in modo che questi strumenti possano essere impiegati consapevolmente a supporto della progettazione di percorsi didattici personalizzati.

Il percorso formativo è stato rivolto agli studenti del Corso di Laurea Magistrale a Ciclo Unico in Scienze della Formazione Primaria dell'Università degli Studi di Palermo, nell'ambito dell'insegnamento di Tecnologie didattiche per la Scuola Primaria e dell'Infanzia e Laboratorio (a.a. 2023/2024). L'intervento ha coinvolto un campione di 178 studenti iscritti al primo anno del corso, con una netta prevalenza femminile (91,6% donne, 8,4% uomini) e un'età media pari a 20,76 anni. Il progetto formativo è stato strutturato in quattro incontri laboratoriali della durata di quattro ore ciascuno, per un totale di 16 ore. L'esperienza ha avuto luogo in un ambiente virtuale dedicato, accessibile attraverso le piattaforme di e-learning dell'Ateneo, dove gli studenti hanno potuto accedere a risorse, strumenti e contenuti utili a interagire in maniera attiva con ChatGPT, strumento scelto per la sua diffusione, accessibilità e capacità di generare testi complessi.

Il percorso ha avuto come obiettivo principale lo sviluppo di competenze etiche, critiche e consapevoli nell'uso dell'IA in contesti educativi, promuovendo una riflessione sul potenziale e sui limiti di questi strumenti nella pratica didattica. A livello teorico, l'esperienza si inserisce nella crescente letteratura nazionale e internazionale che sottolinea la necessità di un uso responsabile dell'intelligenza artificiale nei contesti formativi (Ranieri et al., 2024; Stolpe & Hallström, 2024). L'esperienza si articola in quattro moduli chiave (tab.1), ognuno progettato per affrontare un aspetto specifico dell'integrazione di ChatGPT nella didattica e per sviluppare competenze trasversali per i futuri educatori:

<b>Modulo didattico</b>	<b>Obiettivo</b>	<b>Descrizione</b>
Comprendere e affrontare preoccupazioni etiche	Stimolare la riflessione critica sugli aspetti etici	Discussione aperta e brainstorming sugli impatti etici dell'IA, esplorando dilemmi etici e implicazioni pedagogiche.
Addestramento pratico all'uso di	Formare all'uso responsabile di	Sessioni pratiche sull'uso di ChatGPT per creare risorse educative,

ChatGPT	ChatGPT	focalizzate su linguaggio e prompt etici
Progettazione didattica con ChatGPT	Integrare ChatGPT in attività didattiche	Progettazione di unità didattiche, con analisi dei limiti pedagogici ed etici dell'uso dell'IA nella classe.
Valutazione e creazione di linee guida	Sviluppare linee guida critiche per l'uso di ChatGPT	Valutazione di testi generati da ChatGPT e creazione di un manuale di buone pratiche per l'uso consapevole.

Tab 1 - Descrizione moduli didattici

L'esperienza formativa è stata progettata per offrire una combinazione di teoria e pratica, in modo che ogni modulo contribuisca a sviluppare competenze trasversali e specifiche. Di seguito (tab.2) si riportano gli obiettivi trasversali e le modalità di apprendimento implementate.

<b>Obiettivi trasversali</b>	<b>Modalità di apprendimento implementate</b>
Sviluppo del pensiero critico e riflessivo	Gli studenti hanno prodotto saggi critici e partecipato a discussioni sull'uso di ChatGPT nella didattica, migliorando la capacità di valutare autonomamente l'efficacia e le limitazioni dell'IA generativa.
Capacità di peer assessment e critico-valutativa	Attraverso una griglia di valutazione ispirata al modello Calonghi Boncori, gli studenti hanno analizzato testi generati da ChatGPT, acquisendo competenze per distinguere tra testi generati dall'IA e prodotti manualmente.
Consapevolezza etica e riflessione critica	In sessioni di brainstorming e discussioni guidate, gli studenti hanno esplorato limiti e implicazioni etiche di ChatGPT, sviluppando una visione critica per un'integrazione responsabile dell'IA nelle pratiche didattiche.

Obiettivi trasversali	Modalità di apprendimento implementate
Competenza autonoma e regolata nell'uso di strumenti di IA	L'intero percorso mira a sviluppare un approccio critico e indipendente verso l'uso dell'IA in educazione, con competenze etiche e linee guida per un'integrazione consapevole di ChatGPT nei contesti didattici.

Tab.2 - Descrizione obiettivi trasversali

In conclusione, questo percorso formativo ha offerto agli studenti un approccio pratico e riflessivo all'uso dell'IA in educazione, favorendo una visione critica e consapevole dei benefici, dei limiti e delle responsabilità legate all'integrazione di strumenti come ChatGPT nei contesti didattici. Grazie a queste competenze autonome e regolamentate, gli studenti potranno affrontare con maggiore consapevolezza le sfide etiche e pedagogiche dell'IA, integrando tali tecnologie in modo responsabile e informato nella didattica del XXI secolo.

#### 4. La realtà aumentata per l'insegnamento della Geometria

La realtà aumentata, grazie alla possibilità di manipolare e osservare oggetti virtuali in 3D, si configura come un ottimo strumento pedagogico, in grado di favorire una comprensione più profonda dei concetti, specialmente in ambiti in cui i costrutti teorici sono complessi e astratti. Nella letteratura di riferimento, in particolare, è stato evidenziato come l'utilizzo della realtà aumentata accresca la motivazione e l'engagement degli studenti verso lo studio delle materie STEAM (Scienza, Tecnologia, Ingegneria, Arte e Matematica). Secondo le osservazioni dei ricercatori, l'AR stimola la curiosità degli studenti, avviando forme di apprendimento più partecipativo e attivo (Jesionkowska et al., 2020; Bulut & Ferri, 2023). In particolare, nell'ambito dell'insegnamento-apprendimento della geometria, la ricerca mostra come l'AR migliora le abilità di visualizzazione e comprensione degli oggetti nello spazio e, grazie all'interattività, riduce il carico

cognitivo, contribuendo alla ritenzione delle informazioni, facilitando l'apprendimento di concetti complessi come volume, area superficiale e proprietà delle figure geometriche (Avila-Garzon et al., 2021; Fernandes & Rodrigues, 2021). La possibilità di ruotare, ingrandire e osservare figure da prospettive differenti permette di esplorare dettagli difficili da cogliere con strumenti tradizionali come carta e matita. In una didattica convenzionale, infatti, le rappresentazioni bidimensionali risultano spesso limitanti per spiegare concetti tridimensionali, compromettendo la comprensione delle relazioni geometriche e dei principi spaziali (Li & Liu, 2023). La possibilità di interagire direttamente con modelli geometrici tridimensionali e poter fare delle deduzioni dal piano 3D a quello 2D, facilita la comprensione dei concetti (Avila-Garzon et al., 2021; Bulut & Ferri, 2023). Innovare l'insegnamento della geometria tramite l'AR richiede però una formazione specifica per gli insegnanti, in modo che possano acquisire non solo le competenze tecniche necessarie, ma anche una cornice pedagogica adeguata per integrare efficacemente l'AR nella didattica. Un'adeguata formazione consente agli insegnanti di progettare attività che coinvolgono gli studenti attivamente, con un impatto positivo sulla loro motivazione all'apprendimento (Sáez-López et al., 2020). Inoltre, una preparazione mirata nell'uso delle tecnologie immersive consente loro di sviluppare competenze avanzate e di adattare i contenuti ai diversi livelli di abilità degli studenti, personalizzando l'esperienza formativa (Marín-Marín et al., 2023).

In questa prospettiva, verrà presentata un'indagine condotta con studenti di Scienze della Formazione Primaria, futuri insegnanti, tramite un'attività in AR.

#### 4.1 Esperienza formativa sull'uso della realtà aumentata per l'insegnamento della Geometria

Il lavoro è stato orientato dallo scopo di diffondere tra gli studenti, futuri insegnanti, un approccio pedagogico innovativo basato sulla realtà aumentata per un insegnamento-apprendimento della geometria. Questo approccio, non solo offre un modo coinvolgente per esplorare concetti complessi, ma dà anche l'opportunità di integrare l'attività di manipolazione diretta di oggetti solidi nello spazio, cosa che spesso riesce difficile da realizzare con carta e matita. In questo modo, si mira a

migliorare l'approccio dei futuri insegnanti alla didattica della geometria.

L'esperienza ha coinvolto un campione di 243 studenti iscritti al I anno del corso di Tecnologie Didattiche per la Scuola Primaria e dell'Infanzia e Laboratorio, del CdL in Scienze della Formazione Primaria dell'Università degli Studi di Palermo (a.a. 2023/2024). Il campione, in prevalenza di genere femminile (95.1%), con un'età media di 20,3 anni, ha partecipato ad un'attività in aula, utilizzando i visori di realtà aumentata Hololens Microsoft. L'attività prevedeva l'impiego di un'applicazione per la modellizzazione tridimensionale, installata sui visori, al fine di costruire forme geometriche in AR. A questa fase iniziale, ha fatto seguito un momento di esplorazione e di manipolazione delle forme create, che includeva la possibilità di interazione e osservazione, attraverso compiti assegnati da noi formatori e che riguardavano la modifica dell'orientamento, della dimensione e della forma. Al termine dell'attività, sono stati avviati dei gruppi di discussione per conoscere le impressioni che hanno fatto seguito all'esperienza immersiva e la somministrazione di un questionario.

Più nel dettaglio, lo strumento somministrato constava di due sezioni. La prima mirava ad indagare le conoscenze pregresse degli studenti sulla realtà aumentata, l'eventuale utilizzo precedente di tale tecnologia immersiva in contesti educativi e l'interesse verso un impiego futuro nell'insegnamento della geometria (5 item). La seconda sezione, invece, formulata sulla base della letteratura di riferimento, analizzava le percezioni degli studenti circa le potenzialità dell'AR nel contesto educativo (19 item).

Di seguito sono sintetizzati i risultati più rilevanti emersi dall'analisi descrittiva.

Dall'analisi dei dati raccolti emerge che, nonostante il 70,4% degli studenti abbia affermato di non aver mai avuto esperienze precedenti di utilizzo dell'AR o di altre tecnologie immersive in contesti educativi, una percentuale significativa, pari al 98,77%, ritiene che l'AR possa influenzare positivamente, in termini di interesse, coinvolgimento e motivazione, lo studio delle materie STEAM.

I dati qualitativi emersi dagli item tre e quattro, sono stati organizzati in macrocategorie e sintetizzati nei Grafici 1 e 2. Le risposte alla prima domanda aperta "In che modo ritieni che l'utilizzo della Realtà

aumentata possa migliorare l'apprendimento e la comprensione della geometria?", sono state organizzate in cinque macrocategorie (Grafico 1).

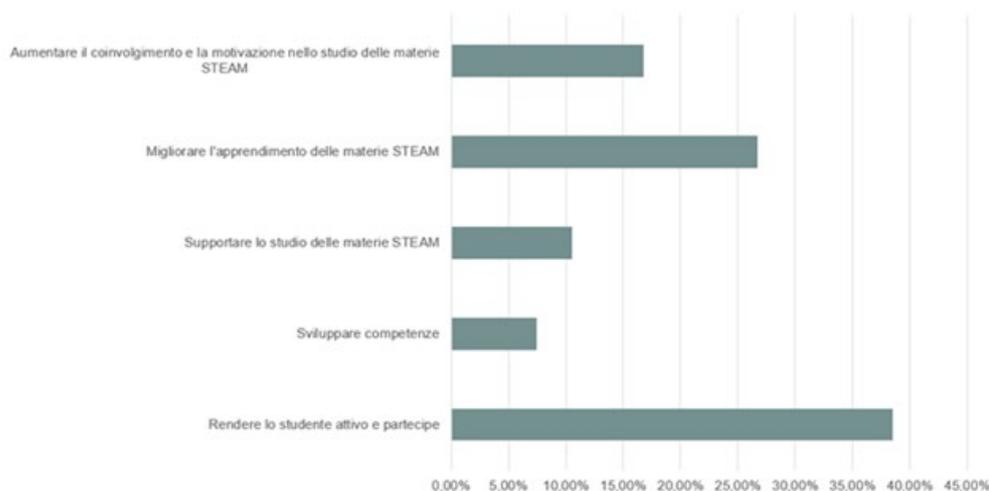


Grafico 1 - Risultati dell' item tre

La categoria maggiormente rappresentata riguarda la percezione che l'AR possa rendere lo studente più attivo e partecipe (38,51%), grazie all'interazione diretta con il contenuto in oggetto e con l'ambiente di apprendimento. Segue la categoria che si riferisce al miglioramento dell'apprendimento delle materie STEAM (26,71%). Questo dato sintetizza le risposte legate alla percezione del fatto che la tecnologia può facilitare la comprensione di concetti complessi, offrendo visualizzazioni interattive e favorendo un apprendimento di tipo significativo ed esperienziale. Una percentuale considerevole di risposte (16,77%) si focalizza sull'aumento della motivazione nello studio delle materie STEAM, mentre il 10,56% degli studenti identifica l'AR come supporto ottimale per lo studio di queste discipline. Il 7,45% degli intervistati evidenzia infine come l'AR favorisca lo sviluppo di competenze specifiche, quali la visualizzazione spaziale, il pensiero critico e il ragionamento logico.

Il secondo item di tipo qualitativo mirava ad indagare nel dettaglio "In che modo ritieni che l'utilizzo della realtà aumentata possa migliorare l'apprendimento e la comprensione della geometria?". Le risposte sono

state raggruppate in sette macrocategorie che riflettono i principali temi emersi (Grafico 2).

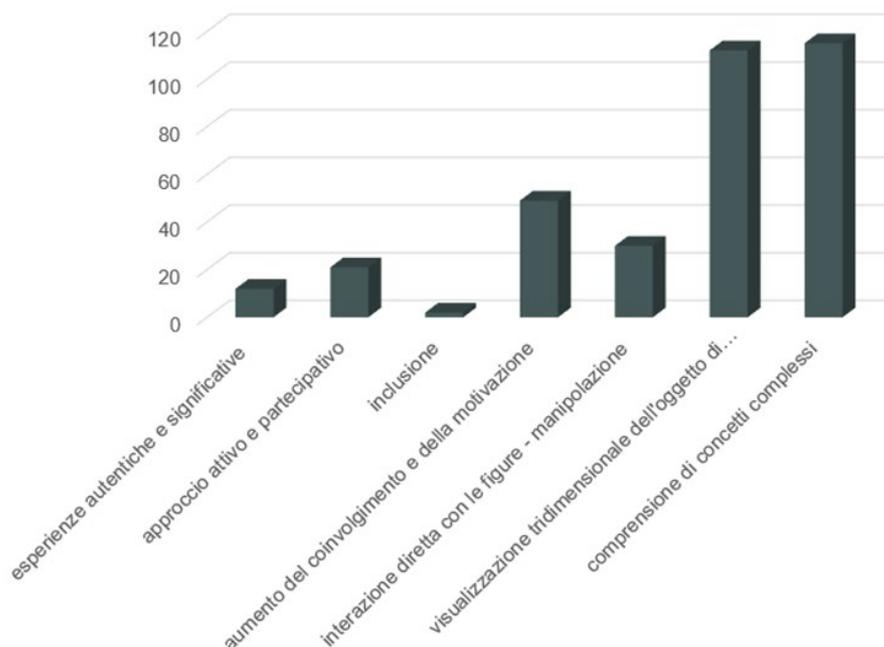


Grafico 2 - Risultati dell'item quattro

Un aspetto fondamentale evidenziato dagli studenti riguarda la possibilità di comprendere i concetti geometrici complessi (30.1%), in virtù del fatto che percepiscono l'AR come una risorsa in grado di facilitare la comprensione mediante le sue rappresentazioni tridimensionali e le interazioni dirette; connessa a questa categoria c'è quella relativa alla visualizzazione tridimensionale dell'oggetto di studio (25,5%). Gli studenti, anche in questo caso, sottolineano come l'AR stimola il coinvolgimento e la motivazione (15,7%) nei confronti di una disciplina spesso percepita come ostica e astratta. Un'altra categoria significativa è legata alla percezione dell'interazione diretta con figure geometriche attraverso la manipolazione (10,5%), caratteristica questa che permette agli studenti di osservare le figure da varie angolazioni e di esplorare le loro proprietà in modo pratico, così da sviluppare una comprensione più concreta delle forme geometriche. Infine, si annoverano tra le risposte la possibilità di vivere esperienze autentiche e significative (7,5%). Grazie alla realtà aumentata, gli studenti percepiscono di poter partecipare ad attività immersive, dove

l'apprendimento va oltre la teoria e diventa un'esperienza diretta e concreta. Gli studenti sottolineano come l'AR permetta loro di essere protagonisti nel processo di apprendimento (5,2%), rendendoli più consapevoli e coinvolti nelle attività educative, andando oltre le modalità tradizionali e passive di apprendimento. Infine, anche con una bassa percentuale, è emerso, il tema dell'inclusione (2,3%). La realtà aumentata è vista come uno strumento capace di adattarsi a diversi stili e ritmi di apprendimento, offrendo opportunità anche a coloro che hanno difficoltà a comprendere concetti geometrici complessi con metodi convenzionali.

## Conclusioni e prospettive future

Negli ultimi anni, la possibilità di integrare la realtà aumentata con l'intelligenza artificiale ha suscitato non poco interesse da parte degli esperti di settore. Questa sinergia tra tecnologie rappresenta non solo un'innovazione tecnica, ma apre anche nuove prospettive didattiche, poiché consente di combinare il potenziale dell'AR - che arricchisce il mondo reale con contenuti digitali sovrapposti - con la personalizzazione offerta dagli algoritmi intelligenti dell'IA. In tal modo, è possibile creare ambienti di apprendimento interattivi, coinvolgenti e adattivi, capaci di rispondere a stili di apprendimento diversificati e alle esigenze specifiche degli studenti.

Le due esperienze condotte presso l'Università degli Studi di Palermo, relative all'uso dell'IA e dell'AR, rappresentano fasi esplorative distinte ma complementari. Questa scelta metodologica è stata guidata dall'obiettivo di osservare e analizzare in profondità l'impatto di ciascuna tecnologia, in modo da progettare, in una fase successiva, un intervento formativo che le integri sinergicamente. Tale approccio consentirà di valorizzare le potenzialità distinte di IA e AR in un approccio complementare, al fine di promuovere una convergenza metodologica ed esperienziale.

Se l'AR, infatti, facilita l'apprendimento esperienziale arricchendo la realtà, l'IA permette di adattare i contenuti in tempo reale, offrendo supporto mirato e personalizzato, aprendo così la strada a esperienze didattiche immersive che superano i limiti delle metodologie tradizionali

(Tursunova et al., 2024). Questo approccio si è dimostrato particolarmente efficace nel promuovere un coinvolgimento attivo degli studenti e nel facilitare la comprensione di concetti complessi, come quelli geometrici, attraverso la visualizzazione e la manipolazione diretta (Chen, 2019).

Nonostante il potenziale dimostrato, tuttavia, la ricerca si concentra spesso sull'uso separato di queste tecnologie, trascurando i benefici di una loro applicazione integrata. Un obiettivo prioritario per i futuri studi sarà, dunque, sviluppare piattaforme educative che combinino le capacità di AR e IA per personalizzare in modo più efficace l'esperienza didattica, in base al livello di competenza e ai ritmi di ciascun discente. Tra le possibili applicazioni di questa integrazione emergono l'analisi delle prestazioni in tempo reale, il feedback personalizzato, il riconoscimento automatico di forme e annotazioni degli studenti, la creazione di tutor virtuali e la generazione di report dettagliati per gli insegnanti. Questo approccio risulta particolarmente adatto agli studenti digitalmente nativi, poiché risponde alle aspettative di una generazione abituata a interagire con tecnologie avanzate e immersive.

La combinazione di AR e IA promuove una didattica dinamica e accessibile, capace di adattarsi ai bisogni specifici degli studenti e di valorizzarne il ruolo attivo nel processo di apprendimento, con effetti positivi sul coinvolgimento e sul successo formativo. La sfida futura sarà quella di sviluppare framework didattici che massimizzino il potenziale di questa sinergia tecnologica, mantenendo al centro l'obiettivo di un apprendimento significativo, personalizzato e inclusivo.

\*Questo contributo è il risultato del lavoro congiunto dei seguenti autori: E. Gulbay ha scritto il paragrafo 1, V. Di Martino il paragrafo 2, V. Pitrella il paragrafo 3, A. Leone il paragrafo 4 e 4.1, G.R. De Franches le conclusioni.

## Riferimenti bibliografici

- Avila-Garzon, C., Bacca-Acosta, J., Duarte, J., & Betancourt, J. (2021). Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research. *Contemporary Educational Technology*, 13(3)
- Azuma, R. T. (2001). Augmented reality: Approaches and technical challenges. In *Fundamentals of wearable computers and augmented reality* (pp. 43-80). CRC Press.
- Bulut, M., & Borromeo Ferri, R. (2023). A systematic literature review on augmented reality in mathematics education. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 556-572.
- Cao, W., & Yu, Z. (2023). The impact of augmented reality on student attitudes, motivation, and learning achievements—a meta-analysis (2016-2023). *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1-12..
- Chen, Y. C. (2019). Effect of mobile augmented reality on learning performance, motivation, and math anxiety in a math course. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1695-1722.
- Chiu, T. K., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. S., & Cheng, M. (2023). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100118.
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. *Handbook of research on educational communications and technology*, 735-745.
- Fernandes, C., Meirinhos, V., & Rodrigues, A. C. (2021). Virtual Reality And Augmented Reality In Educational And Training Organisations: The Perspective Of Human Resources Professionals. In *Inted2021 Proceedings* (pp. 5946-5952). IATED.
- Gentile, M., Città, G., Perna, S., & Allegra, M. (2023). Do we still need teachers? Navigating the paradigm shift of the teacher's role in the AI era. In *Frontiers in Education* (Vol. 8, p. 1161777). Frontiers Media SA.

- Gulbay, E., & Pitrella, V. (2024). Ethics and Artificial Intelligence: A Qualitative Analysis with Future Early Childhood and Primary School Teachers Etica e Intelligenza Artificiale: un'analisi qualitativa con i futuri docenti di scuola dell'infanzia e primaria. In Q- TIMES WEBMEGAZINE, 16 (3), 474-485.
- Holmes, W., & Miao, F. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO Publishing.
- Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D., & Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. Computers & education, 71, 1-13.
- Ismail, A., Aliu, A., Ibrahim, M., & Sulaiman, A. (2024). Preparing teachers of the future in the era of artificial intelligence. Journal of Artificial Intelligence, Machine Learning and Neural Network, 4(04), 31-41.
- Jesionkowska, J., Wild, F., & Deval, Y. (2020). Active learning augmented reality for STEAM education—A case study. Education Sciences, 10(8), 198.
- Krüger, J. M., Palzer, K., & Bodemer, D. (2022). Learning with augmented reality: Impact of dimensionality and spatial abilities. Computers and Education Open, 3, 100065.
- Li, M., & Liu, L. (2023). Students' perceptions of augmented reality integrated into a mobile learning environment. Library Hi Tech, 41(5), 1498-1523.
- Marín-Marín, J. A., López-Belmonte, J., Pozo-Sánchez, S., & Moreno-Guerrero, A. J. (2023). Attitudes towards the development of good practices with augmented reality in secondary education teachers in Spain. Technology, Knowledge and Learning, 28(4), 1443-1459.
- Pelletier, K., Robert, J., Muscanell, N., McCormack, M., Reeves, J., Arbino, N., & Grajek, S. (2023). 2023 EDUCAUSE Horizon Report: Teaching and Learning Edition. EDUCAUSE

- Ranieri, M., Cuomo, S., & Biagini, G. (2024). Scuola e intelligenza artificiale. Percorsi di alfabetizzazione critica. Roma: Carocci Editore.
- Sáez-López, J. M., Cózar-Gutiérrez, R., González-Calero, J. A., & Gómez Carrasco, C. J. (2020). Augmented reality in higher education: An evaluation program in initial teacher training. *Education Sciences*, 10(2), 26.
- Stolpe, K., & Hallström, J. (2024). Artificial intelligence literacy for technology education. *Computers and Education Open*, 6, 100159.
- UNESCO (2019). *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development Education*. UNESCO Publishing.
- Tursunova, F., Oripova, N., Muhammadiyeva, M., Nurullayeva, S., Hamroyev, S., & Tishabaeva, I. (2024, April). Augmented Reality and AI in Higher Education: Creating Immersive Learning Experiences. In *2024 International Conference on Knowledge Engineering and Communication Systems (ICKECS)* (Vol. 1, pp. 1-5). IEEE