



Come l'intelligenza artificiale sta cambiando l'educazione **Uno studio esplorativo**

Francesca Buccini

Università di Napoli Federico II

1. Introduzione

Le tecnologie digitali sono ormai parte integrante della nostra esperienza quotidiana e della realtà con cui interagiamo; hanno rivoluzionato e ampliato le opportunità di interazione sociale e di scambio di idee (messaggistica istantanea, videochiamate, e-mail) abbattendo barriere geografiche e culturali; hanno facilitato l'accesso all'informazione e aperto nuove opportunità per l'apprendimento e la crescita personale. All'interno di questa vita "onlife" sta assumendo un ruolo predominante l'Intelligenza Artificiale (IA).

Le origini dell'Intelligenza Artificiale risalgono alla prima metà del ventesimo secolo, grazie all'opera del matematico e crittografo britannico Alan Mathison Turing (1950) il quale, mediante l'ideazione di un prototipo di macchina informatica astratta (Macchina di Turing), gettò le basi per lo sviluppo di questo ambito di ricerca. Oltre a Turing anche altri teorici e matematici, come Kurt Gödel (1986;1990), Alonzo Church (1932) e Emil Post (1921) hanno contribuito, con le loro ricerche e teorie riguardanti la computabilità, a delinearne il quadro teorico. In realtà, la prima opera riconosciuta come Intelligenza Artificiale risale al 1943 grazie al lavoro di Warren McCulloch e Walter Pitts che proposero un modello di neuroni artificiali "on" o "off" in grado di cambiare il proprio status se stimolati da un numero sufficiente di neuroni vicini, dimostrando non solo che qualsiasi funzione poteva essere calcolata da una rete di neuroni connessi fra loro, ma, ancora più importante, che reti di neuroni sufficientemente definite erano in grado di apprendere. Nel 1956 durante un workshop a Dartmouth venne coniato il termine "Intelligenza Artificiale". Obiettivo della conferenza era esplorare la possibilità di creare macchine che potessero simulare l'intelligenza umana:

The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it. An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves (MCCarthy, Minsky, Rochester, Shannon, 1955: 1)

Dagli anni '80 in poi l'avanzamento delle capacità di elaborazione dei computer e la disponibilità di grandi quantità di dati hanno dato una spinta significativa allo sviluppo dell'intelligenza artificiale, portando a progressi notevoli in campi come l'apprendimento automatico, la visione artificiale, il riconoscimento del linguaggio naturale, ecc.

L'intelligenza artificiale è oggi un campo di ricerca interdisciplinare, che trova applicazione in ambiti numerosi e disparati. A livello internazionale l'Associazione per l'avanzamento dell'Intelligenza Artificiale (AAAI) la definisce come:



Any artificial system that performs tasks under varying and unpredictable circumstances without significant human oversight, or that can learn from experience and improve performance when exposed to data sets; 2) An artificial system developed in computer software, physical hardware, or other context that solves tasks requiring human-like perception, cognition, planning, learning, communication, or physical action; 3) An artificial system designed to think or act like a human, including cognitive architectures and neural networks; 4) A set of techniques, including machine learning that is designed to approximate a cognitive task; 5) An artificial system designed to act rationally, including an intelligent software agent or embodied robot that achieves goals using perception, planning, reasoning, learning, communicating, decision-making, and actin.

La rapidità del progresso tecnologico e, in particolare, del passaggio dalla società dell'informazione a quella dell'algoritmo, ha avviato riflessioni circa le possibili conseguenze etiche, sociali e giuridici legate all'utilizzo dell'IA e una marcata attenzione per il tema dell'automazione. Ciò provoca l'esigenza di riadattare concetti e categorie tradizionali a un nuovo modello sociale, governato proprio dalle redini dell'automazione che ha ormai intensificato ancor più la già esistente dicotomia tra uomo e tecnologie (Accoto, 2017; 2019). In questa prospettiva l'integrazione dell'IA nell'educazione se da un lato potrebbe rappresentare un'occasione per identificare e strutturare nuovi possibili percorsi tesi ad ottimizzare i processi d'apprendimento, dall'altro numerose sono ancora le questioni da affrontare affinché essa possa promuovere un effettivo cambiamento delle pratiche educative (Rivoltella, 2020).

La letteratura scientifica internazionale nell'ambito dell'educational technology (Baker, Smith, 2019; Hinojo-Lucena et al., 2019; Luckin et al., 2016; Pedró et al., 2019) evidenzia come l'IA nell'educazione (AIEd-Artificial Intelligence in Education) sia un settore particolarmente emergente che coinvolge differenti discipline (psicologia, neuroscienze, linguistica, sociologia, antropologia, educazione) al fine di promuovere lo sviluppo di ambienti di apprendimento adattivi e altri strumenti AIEd flessibili, inclusivi, personalizzati, coinvolgenti ed efficaci, esplorandone le potenziali opportunità pedagogiche (Zawacki-Richter et al., 2019).

L'AIEd oltre a delinearci come valido strumento di apprendimento in grado di ridurre il carico di lavoro di insegnanti e studenti, in combinazione con le attuali innovazioni nel campo dell'istruzione come la digitalizzazione delle risorse, la gamification e le esperienze di apprendimento personalizzate, rappresenta una promettente risorsa in campo educativo. Tuttavia, dal punto di vista pedagogico, non solo occorre una concettualizzazione dei media in grado di connettere questi con i diversi processi di rappresentazione della conoscenza, ma anche privilegiare una dimensione critico-ermeneutica capace di interpretare e contestualizzare le nuove frontiere tecnologiche, permettendo così l'individuazione di possibili criteri e raccordi con i principi più generali della cultura in cui la tecnica stessa si situa (Rivoltella, Rossi, 2019). Per creare connessioni significative tra IA e educazione è essenziale definire uno spazio interdisciplinare di confronto e di negoziazione nel quale condividere modelli, intenti, azioni, pratiche che siano al tempo stesso efficaci e etici (Han, 2018). Alcuni dei requisiti per la progettazione, realizzazione e l'uso di sistemi di IA affidabili richiamano a valori quali la capacità di supervisione umana, la robustezza tecnica, la riservatezza dei dati, la trasparenza, nonché la non discriminazione e l'equità, la vocazione verso il benessere sociale e ambientale e la responsabilità.

Negli ultimi anni il rapporto tra IA e educazione è stato analizzato da due prospettive: la prima considera l'Intelligenza Artificiale come ambito disciplinare, il cui studio, da approfondire a scuola, può essere utile per acquisire conoscenze e una certa consapevolezza circa il suo utilizzo; la seconda



prospettiva considera l'Intelligenza Artificiale come strumento di analisi, di potenziamento e di miglioramento del processo di apprendimento.

Tuttavia, la maggior parte della ricerca in ambito internazionale si è concentrata soprattutto sull'applicazione di tecniche di IA per automatizzare le pratiche educative, per sostituire o facilitare il ruolo degli insegnanti, sottovalutando chiaramente le loro competenze e esperienze, così come le esigenze degli studenti in termini di apprendimento sociale e orientamento (Chen et al., 2020; Hwang et al., 2020; Zawacki-Richter et al., 2019). Ad esempio Zawacki-Richter et al. (2019) hanno condotto recentemente una rassegna sistematica delle ultime ricerche e riassunto le applicazioni dell'IA in ambito educativo in quattro categorie principali: profiling e previsioni (abbandono scolastico e permanenza); verifica e valutazione (valutazione automatica); sistemi adattivi e personalizzazione (usare dati scolastici per monitorare e guidare gli studenti); sistemi di tutoraggio intelligente (diagnosticare punti di forza e feedback automatico). Questi studi, seppur fondamentali, non offrono una comprensione profonda del complesso ruolo dell'IA nella didattica (Chen et al., 2020; Hwang et al., 2020; Ouyang, Jiao 2021). Le applicazioni di intelligenza artificiale non garantiscono sempre un'istruzione di alta qualità, anche in termini di risultati di apprendimento desiderabili, in quanto la maggior parte di queste tecnologie non sono progettate specificamente per l'istruzione (Ouyang, Jiao, 2021; Castañeda, Selwyn, 2018; Selwyn, 2016).

Affinché l'IA possa aprire nuove e concrete possibilità educative, sostenendo la pratica didattica piuttosto che limitarsi ad automatizzare l'istruzione, bisognerebbe considerare innanzitutto i bisogni individuali dei soggetti coinvolti (studenti-docenti), le caratteristiche dell'ambiente e le relazioni tra i diversi elementi che entrano in gioco nel processo educativo (Bower, 2019; Byrne, Callaghan, 2014; Chatterjee, Bhattacharjee, 2020; Kitto, 2014). Pertanto, l'AIEd è più di una semplice implementazione di tecnologie avanzate, ma è un sistema complesso che integra dimensioni pedagogiche, sociali e culturali con il supporto tecnologico. Sibilio (2014) propone una visione del sistema didattico come "sistema complesso adattivo" e nella sua dettagliata argomentazione sostiene una visione di sistema la cui struttura "reticolare" è costituita da unità composite che sono, a loro volta, sistemi complessi adattivi con legami e interazioni di tipo non lineare. Un sistema educativo è costituito principalmente da cinque elementi di base interdipendenti: i soggetti (docenti, studenti, personale amministrativo, ecc.), la conoscenza (costruita attraverso i materiali didattici, i contenuti di apprendimento, gli artefatti, ecc.), la tecnologia (come ad esempio quelle di IA), l'ambiente (contesto) e il mezzo (strumento utilizzato per trasmettere informazioni e collegare i soggetti nel sistema (Drack, Pouvreau 2015; Kitto, 2014; Von Bertalanfy, 1968) (Fig. 1).

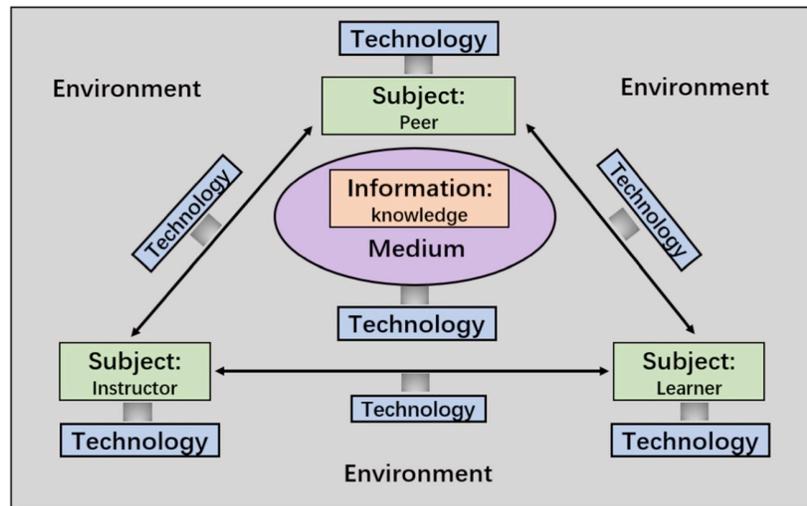


Figura 1. Un sistema educativo dal punto di vista dei sistemi adattivi complessi (Xu, Ouyang, 2022)

Secondo le teorie dell'educazione e dell'apprendimento (Ouyang, Jiao, 2021) è possibile distinguere tre diversi paradigmi: AI- directed, learner-as-recipient, basato su una prospettiva comportamentista, secondo il quale l'intelligenza artificiale viene utilizzata per dirigere l'apprendimento mentre gli studenti sono destinatari delle tecnologie di AI; AI-supported, learner-as-collaborator, basato su una prospettiva costruttivista, secondo il quale l'IA viene utilizzata per supportare l'apprendimento mentre gli studenti collaborano con essa; AI-empowered, learner-as-leader, basato sulla complessa teoria dei sistemi adattivi, l'intelligenza artificiale viene utilizzata per potenziare l'apprendimento e gli studenti ne assumono il controllo.

A partire da queste riflessioni il seguente contributo propone una esplorazione della letteratura internazionale in materia, con l'obiettivo di indagare le sperimentazioni in atto e riflettere sul ruolo dell'IA nei processi di apprendimento.

2. Metodo

La revisione si è basata sui principi del metodo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al. 2009; Page et al. 2021) utilizzato per individuare e riassumere i lavori di AIEd. In fase di selezione degli studi sono stati adottati i seguenti criteri:

- intervento: sono inclusi solo studi relativi al rapporto tra IA, educazione e processo di apprendimento;
- partecipanti: sono inclusi solo studi empirici;
- disegno di ricerca: sono esclusi studi di revisione sistematica o meta-analisi;
- misure: sono inclusi solo studi interessati alla misurazione qualitativa o quantitativa dei risultati di apprendimento, con particolare riferimento a quelli cognitivi;
- periodo di pubblicazione: sono inclusi solo studi pubblicati tra 2019 e il 2023;
- tipo di pubblicazione: sono inclusi solo studi pubblicati su riviste scientifiche.

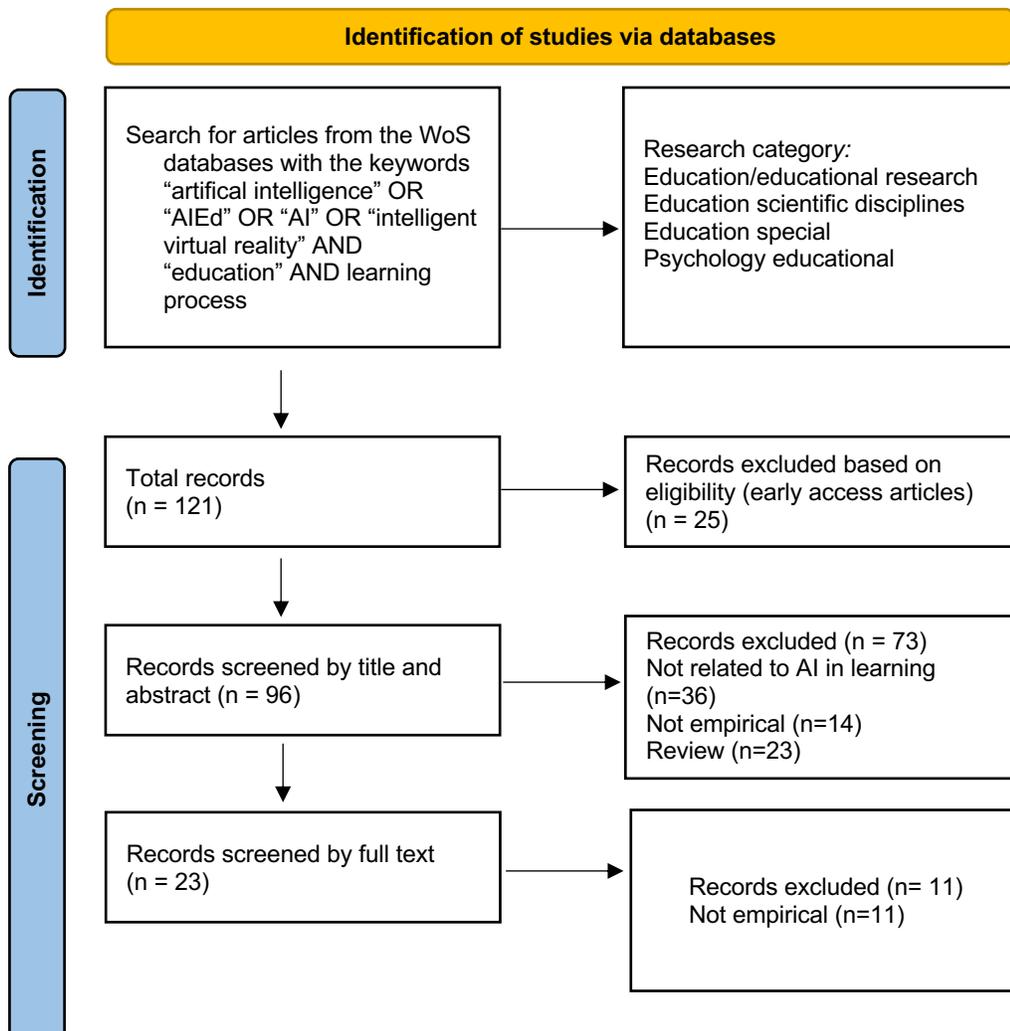


2.1. Strategia di ricerca, selezione e codifica

La procedura di selezione è stata eseguita in tre fasi: (1) selezione degli articoli (2) screening e inclusione degli articoli (3) codifica, estrazione e analisi dei dati. Sono stati presi in considerazione gli articoli pubblicati nel database di Web of Science dal 2019 al 2023. In particolare, la ricerca è stata effettuata nel database SSCI (Social Science Citation Index) di Web of Science utilizzando una combinazione tra le seguenti parole chiave: “artificial intelligence” OR “machine intelligence” OR “intelligent support” OR “intelligent virtual reality” OR “AI” OR “AIEd” AND “education” AND “learning process”. Gli articoli pubblicati nel database SSCI sono generalmente considerati pubblicazioni di alta qualità nell’ambito della ricerca educativa (Hwang, Tu 2021; Lai 2020). Sono stati individuati un totale di 121 articoli in settori selezionati relativi all’istruzione: Education/educational research, Education scientific disciplines, Education special, Psychology educational. Dapprima sono stati eliminati 25 articoli ad accesso anticipato lasciando i restanti 96 per la revisione manuale, applicando i criteri di eleggibilità di cui al paragrafo 2.1, basata sull’ analisi dei titoli e degli abstract. Successivamente, gli studi rimanenti sono stati sottoposti a una seconda fase di screening focalizzata sulla lettura del full-text. Infine, gli studi selezionati (12) sono stati analizzati per la codifica dei dati.

3. Risultati

La selezione degli studi, condotta secondo la procedura descritta nel par. 2.1, ha individuato 12 studi (Grafico 1).



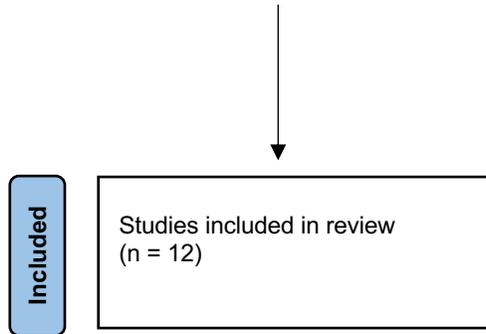


Grafico 1. Diagramma di flusso della selezione degli studi (PRISMA, Moher et al., 2009; Page, et. al., 2021)

Di seguito è fornita una descrizione sintetica di ciascuno studio e dei risultati, in termine di apprendimento derivanti dall'impiego di tecnologie basate su IA.

Jin et al. (2023): Lo scopo di questo studio è esplorare la percezione degli studenti nell'utilizzare delle applicazioni di intelligenza artificiale per implementare l'apprendimento autoregolato. Secondo Zimmerman (1994), l'autoregolazione non è un'abilità mentale o legata al rendimento scolastico ma è piuttosto un processo di autocorrezione attraverso il quale gli studenti trasformano le loro abilità mentali in abilità scolastiche e coinvolge la consapevolezza di sé e l'automotivazione. L'obiettivo dello studio non è stato quello di valutare specifiche applicazioni di IA, ma piuttosto di esplorare la percezione dei partecipanti (16 studenti universitari) su come tali tecnologie potrebbero essere utilizzate per l'autoregolazione e in particolare per favorire la cognizione, la metacognizione e la motivazione. I risultati hanno indicato che gli studenti percepiscono le applicazioni di IA come utili per sostenere la regolazione metacognitiva, cognitiva, ma non per regolare la motivazione.

Yang et al. (2023): Lo studio ha esplorato l'efficacia dell'utilizzo di un robot AI combinato con game learning (AIER) sulla motivazione e l'efficacia dell'apprendimento degli studenti di un corso universitario sulla sicurezza in laboratorio. Lo sviluppo di robot educativi (AIER) negli ultimi anni ha ricevuto una notevole attenzione da parte dei sistemi di istruzione e formazione (Smutny, Schreiberova, 2020). Tuttavia, il loro impiego è limitato all'educazione STEAM, all'educazione linguistica e all'educazione speciale (Pei, Nie, 2018; Scaradozzi et al., 2019); solo pochi studi hanno integrato il loro utilizzo per l'educazione sulla sicurezza negli ambienti di ricerca. Inoltre, anche l'interesse da parte degli studenti per questa formazione è molto scarso; ciò si traduce con un incremento notevole del numero di incidenti che ogni anno si verificano in questi ambienti (Ménard, Trant, 2020). Per verificare l'efficacia del sistema è stata condotta un'indagine sperimentale in un'università cinese che ha coinvolto 53 partecipanti suddivisi in tre gruppi sperimentali composti rispettivamente da 18, 19 e 16 studenti. Gli studenti del gruppo sperimentale 1 hanno utilizzato il sistema AIER gamificato, gli studenti del gruppo sperimentale 2 hanno utilizzato un sistema generale di robot antropomorfi e il gruppo di controllo ha ricevuto un insegnamento tradizionale in classe. I risultati sperimentali hanno mostrato che, rispetto agli altri due gruppi, il sistema AIER gamificato (guidato dal modello GAFCC) ha migliorato significativamente i risultati di apprendimento degli studenti e ha aumentato la loro motivazione, l'interesse e la capacità di problem solving, mostrando anche un comportamento positivi e aperto verso



questo tipo di tematica, oltre ad aver ridotto notevolmente il carico cognitivo nel processo di apprendimento.

Nasri et al. (2023): Lo studio ha valutato l'utilizzo di un Intelligent Process Automation (IPA) nell'apprendimento della fisica e in particolare sulla capacità di indagine scientifica degli studenti.

Lo studio è stato condotto in due scuole secondarie superiori in Malesia. I dati quantitativi hanno mostrato che gli alunni del gruppo sperimentale hanno sviluppato capacità di indagine scientifica significativamente più elevate rispetto ai gruppi di controllo (Scuola A: $p = 0,050$; Scuola B: $p < 0,001$). I dati qualitativi hanno inoltre rivelato la capacità percepita dell'IPA di supportare l'apprendimento individuale degli studenti fornendo uno scaffolding tempestivo.

Ouyang et al. (2023): Lo studio ha valutato l'efficacia dei modelli predittivi delle prestazioni basati su IA per fornire agli studenti un feedback tempestivo e continuo teso a migliorare la qualità del loro apprendimento. I modelli di previsione delle prestazioni sono un campo all'avanguardia dell'intelligenza artificiale nell'istruzione (AIED) e sono utilizzati per identificare gli studenti a rischio, per realizzare percorsi di apprendimento personalizzati e ottimizzare la progettazione dei processi di insegnamento. La maggior parte dei modelli di previsione esistenti si concentra sull'ottimizzazione dell'accuratezza degli algoritmi AI piuttosto che sulla loro applicazione. Per colmare questa lacuna la ricerca ha integrato un modello di previsione delle prestazioni dell'IA con un sistema di analisi dell'apprendimento (LA, Learning Analytics). La ricerca è stata condotta durante un corso di ingegneria online per esaminare le differenze in termini di apprendimento tra gli studenti con e senza il supporto dell'approccio integrato. I risultati hanno mostrato che l'approccio integrato (IA e LA) ha aumentato il loro impegno, migliorato le performance di apprendimento e rafforzato la motivazione.

Suraworachet et al., (2023): Lo studio ha valutato negli studenti, durante l'attività di scrittura riflessiva, gli effetti della combinazione tra un feedback comportamentale personalizzato, generato a partire dai dati e dalle operazioni effettuate in una piattaforma di elaborazione di testi online (Google Docs) e il feedback degli insegnanti. La scrittura riflessiva, ormai parte integrante di numerosi corsi di formazione, è considerata un'attività molto impegnativa per gli studenti, che li invita a riflettere profondamente sulle loro esperienze, comprese quelle di apprendimento. Lo studio sperimentale ha coinvolto 81 studenti. I risultati hanno mostrato che il gruppo che ha ricevuto il feedback combinato si è impegnato in modo statisticamente significativo nel compito di scrittura riflessiva rispetto al gruppo di controllo che ha ricevuto solo il feedback dell'insegnante sul contenuto della propria scrittura. Questo studio sottolinea i potenti benefici dell'implementazione di approcci di feedback combinati per migliorare l'impegno e il rendimento degli studenti.

Hsu et al., (2023): Lo studio si è concentrato sull'utilizzo di una chatbot EDM (Educational Data Mining) per facilitare l'acquisizione di conoscenze durante un corso di geografia. L'Educational Data Mining è un campo di ricerca che applica tecniche di data mining e machine learning per analizzare grandi quantità di dati nel contesto dell'istruzione. L'obiettivo è scoprire modelli significativi, relazioni e informazioni utili dai dati, al fine di migliorare il processo di apprendimento, identificare studenti a rischio, ottimizzare i contenuti educativi e personalizzare l'esperienza di apprendimento. La combinazione di EDM con la tecnologia delle chatbot consente agli insegnanti di ottenere informazioni sulle prestazioni degli studenti, che possono essere utilizzate per creare percorsi di apprendimento personalizzati. Le chatbot EDM, a differenza delle chatbot conversazionali consentono di migliorare le interazioni con gli utenti (studenti), ottimizzare i processi interni e ottenere nuovi insight a supporto delle strategie messe in atto. Nell'istruzione tradizionale l'insegnante di solito non è in grado di controllare



costantemente il livello di apprendimento dei propri allievi o di fornire un feedback immediato per risolvere i loro problemi e/o difficoltà. Lo studio ha confrontato le differenze in termini di prestazioni degli studenti utilizzando una EDM-chatbot e una convenzionale (C-chatbot). La ricerca ha coinvolto 70 studenti: 35, il gruppo sperimentale, ha utilizzato la chatbot EDM; i restanti 35, il gruppo di controllo, ha utilizzato una chatbot convenzionale. I risultati dello studio hanno dimostrato che l'EDM-chatbot ha migliorato significativamente i risultati di apprendimento, riducendo i livelli di ansia e stress legati alla prestazione.

Lee et al., (2023): Lo studio ha valutato l'efficacia dell'utilizzo di una chatbot e del corrispondente feedback, durante la fase di ripetizione del materiale di studio, successiva al completamento dell'attività di formazione. Questa ricerca è stata condotta con due classi di matricole del corso di assistenza sanitaria della facoltà di medicina di Taiwan. Il gruppo sperimentale, composto da 18 studenti ha utilizzato il supporto di una chatbot IA per il ripasso del materiale didattico, mentre quello di controllo, composto da 20 studenti, ha interagito direttamente con l'insegnante. Tutti gli studenti sono stati formati dallo stesso docente, il quale non è stato inserito nel team di ricerca né era a conoscenza dello scopo della stessa. I risultati della sperimentazione hanno dimostrato che l'applicazione di chatbot basati sull'intelligenza artificiale nel processo di revisione potrebbe migliorare le prestazioni, l'autoefficacia, la motivazione degli studenti, rendendoli più attivi nel processo di apprendimento. Si noti che la natura discreta ma incoraggiante del feedback fornito dalla piattaforma chatbot riduce anche l'ansia degli studenti e assicura che non siano scoraggiati dai loro errori. Il feedback può anche portare a un miglioramento del pensiero metacognitivo: gli studenti hanno una migliore percezione di sé e delle proprie abilità; questo incide positivamente anche sul loro rendimento scolastico.

Xia et al., (2023): Lo studio ha valutato l'efficacia dell'utilizzo di una chatbot conversazionale, basata su tecnologia AI, per l'apprendimento della lingua inglese. La ricerca ha coinvolto 323 studenti: nella prima fase hanno frequentato e completato un corso base sull'utilizzo dell'IA; successivamente hanno approfondito la conoscenza della lingua inglese attraverso l'utilizzo di una con una chatbot conversazionale. I risultati hanno evidenziato che le attuali tecnologie chatbot potrebbero non giovare agli studenti con livelli relativamente bassi di conoscenza dell'inglese e che, pertanto, la precedente conoscenza della lingua ma non dell'IA, può influenzare direttamente l'apprendimento. Pertanto, si suggerisce agli insegnanti di utilizzare le chatbot conversazionali per consolidare conoscenze relative alla lingua.

Koc-Januchta et al., (2022): Lo studio ha valutato l'apprendimento della biologia in un gruppo di studenti universitari mediante l'utilizzo di un libro digitale arricchito con l'intelligenza artificiale. Il testo, integrato con algoritmi, offre agli allievi la possibilità di porre domande e ricevere risposte. L'intento dello studio è stato far luce sulla relazione tra i tre sottotipi di carico cognitivo (intrinseco, pertinente ed estraneo), l'apprendimento e l'utilizzo del testo digitale durante un corso introduttivo di biologia. Il carico cognitivo ossia il carico di lavoro mentale necessario per l'esecuzione di un compito è legato alla difficoltà che l'argomento di studio presenta (carico cognitivo intrinseco), al formato dell'istruzione (carico cognitivo estraneo al compito di apprendimento) o alla costruzione di nuovi schemi mentali (carico cognitivo pertinente al compito di apprendimento). I risultati hanno evidenziato un carico cognitivo pertinente, ossia relativo alle informazioni e ai contenuti rilevanti e necessari per raggiungere l'obiettivo di apprendimento, significativamente più alto rispetto ai carichi intrinseci ed estranei a dimostrazione del fatto che gli studenti sono stati impegnati in un apprendimento significativo per tutta la durata dello studio. I risultati forniscono nuovi stimoli per approfondire il rapporto tra i tipi di carico



cognitivo e gli strumenti digitali emergenti e allineare, in modo ottimale, le tecnologie educative e l'architettura cognitiva umana.

Rodriguez et al., (2022): Lo studio ha approfondito l'efficacia di un meccanismo di intervento di *nudging* (stimolo, rinforzo) combinato con un sistema di intelligenza artificiale per l'individuazione precoce degli studenti a rischio di fallimento o di abbandono degli studi. Lo studio ha coinvolto 252 studenti di un corso di informatica online. Un sistema di intelligenza artificiale basato su *nudge* è un sistema che utilizza degli stimoli per influenzare il comportamento degli utenti o guidarli verso specifici risultati desiderati. In altre parole, un *nudge* è una piccola spinta o suggerimento che viene dato agli individui per influenzare le loro decisioni senza costringerli o imporre loro una determinata scelta. I risultati hanno mostrato che i *nudge* hanno avuto un impatto positivo sulle prestazioni e sulla soddisfazione degli studenti e ridotto i tassi di abbandono.

Guerrero-Roldan et al., (2021): Lo studio ha esaminato l'utilizzo dei sistemi intelligenti adattivi (LIS) per migliorare le prestazioni degli studenti frequentanti un corso online di economia. Negli ultimi anni sono stati sviluppati diversi strumenti e risorse per migliorare il processo di insegnamento e apprendimento. La maggior parte di essi si è concentrata sul processo stesso, ma pochi si sono concentrati sul processo di valutazione per individuare gli studenti a rischio e agire tempestivamente, attraverso dei feedback, per sostenerli nel portare a termine gli studi. La ricerca ha coinvolto 552 studenti del corso di laurea online in Economia e Commercio dell'Università Aperta della Catalogna (Barcellona). Il LIS utilizzato è costituito anche un sistema di allerta precoce (Early Warning System, EWS) utile per fornire un feedback sullo stato degli studenti e individuare quelli a rischio. Il sistema permette agli insegnanti di individuare casi critici e di agire tempestivamente riducendo il rischio di abbandono. I risultati hanno evidenziato che l'utilizzo del sistema (LIS-EWS) non solo ha migliorato le prestazioni degli studenti rispetto ai semestri precedenti, ma è stato percepito come vantaggioso ed efficace tanto da spingere gli allievi a utilizzarlo anche nei semestri successivi.

Fu et al., (2020): Lo studio si è incentrato sul rapporto tra apprendimento delle lingue e AI. A differenza dell'apprendimento tradizionale, gli algoritmi di AI possono analizzare rapidamente il livello di conoscenza e di padronanza linguistica degli studenti e fornire le strategie più efficaci per l'acquisizione della lingua. Una tipica applicazione dell'IA nell'educazione linguistica digitale è rappresentata dal sistema di punteggio automatico che fornisce un feedback sulla correttezza della pronuncia. Questi sistemi utilizzano le risposte scritte o parlate degli studenti e assegnano loro un punteggio che riflette il livello di padronanza della lingua. La ricerca ha coinvolto 260 studenti cinesi di lingue straniere e si è concentrata sul ruolo offerto dall'applicazione automatica del punteggio sul coinvolgimento cognitivo/emotivo dei partecipanti. I risultati hanno evidenziato che a differenza dalle tecnologie educative tradizionali gli studenti preferiscono utilizzare applicazioni con punteggio automatico per l'apprendimento delle lingue.

Discussione

I risultati della ricerca mostrano come il numero di pubblicazioni sull' AIEd sia incrementato nell'ultimo anno (Grafico 2). Questa tendenza potrebbe essere giustificata dall'emergere delle opportunità che l'integrazione dell'intelligenza artificiale nell'educazione offre per migliorare l'apprendimento, l'insegnamento e l'efficienza del sistema educativo nel suo complesso.

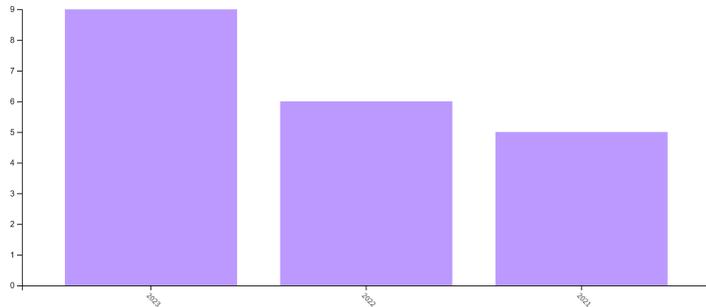


Grafico 2. Distribuzione degli studi sull' AIEd negli ultimi anni (Web of Science)

A partire dagli studi selezionati (Tabella 1) possiamo individuare come l'IA, integrata nelle attività di apprendimento può fornire feedback e valutazioni

Authors	Article Title	P. Year
Jin, SH; Im, K; Yoo, M; Roll, I; Seo, K	Supporting students' self-regulated learning in online learning using artificial intelligence applications	2023
Yang, QF; Lian, LW; Zhao, JH	Developing a gamified artificial intelligence educational robot to promote learning effectiveness and behavior in laboratory safety courses for undergraduate students	2023
Nasri, NM; Nasri, N; Nasri, NF; Talib, MAA	The Impact of Integrating an Intelligent Personal Assistant (IPA) on Secondary School Physics Students' Scientific Inquiry Skills	2023
Xia, Q; Chiu, TKF; Chai, CS; Xie, K	The mediating effects of needs satisfaction on the relationships between prior knowledge and self-regulated learning through artificial intelligence chatbot	2023
Ouyang, F; Wu, M; Zheng, LY; Zhang, LY; Jiao, PC	Integration of artificial intelligence performance prediction and learning analytics to improve student learning in online engineering course	2023
Suraworachet, W; Zhou, Q; Cukurova, M	Impact of combining human and analytics feedback on students' engagement with, and performance in, reflective writing tasks	2023
Hsu, TC; Huang, HL; Hwang, GJ; Chen, MS	Effects of Incorporating an Expert Decision-making Mechanism into Chatbots on Students' Achievement, Enjoyment, and Anxiety	2023
Lee, YF; Hwang, GJ; Chen, PY	Impacts of an AI-based chatbot on college students' after-class review, academic performance, self-efficacy, learning attitude, and motivation	2022
Koc-Januchta, MM; Schonborn, KJ; Roehrig, C; Chaudhri, VK; Tibell, LAE; Heller, HC	Connecting concepts helps put main ideas together: cognitive load and usability in learning biology with an AI-enriched textbook	2022
Rodriguez, ME; Guerrero-Roldan, AE; Baneres, D; Karadeniz, A	An Intelligent Nudging System to Guide Online Learners	2022
Guerrero-Roldan, AE; Rodriguez-Gonzalez, ME; Baneres, D; Elasri-Ejjaberi, A; Cortadas, P	Experiences in the use of an adaptive intelligent system to enhance online learners' performance: a case study in Economics and Business courses	2021
Fu, SX; Gu, HM; Yang, B	The affordances of AI-enabled automatic scoring applications on learners' continuous learning intention: An empirical study in China	2020

Tabella 1. Studi individuati in SSCI di Web of Science

just in time come evidenziato dalle ricerche (Hsu et al., 2022; Lee et al., 2022; Suraworachet et al., 2023; Ouyang et al., 2023; Xia et al., 2023), nonché prevedere la probabilità che uno studente fallisca un compito o abbandoni un corso con alti livelli di precisione (Rodriguez et al., 2021; Guerrero-Roldan et al., 2023; Ouyang et.al., 2023). Inoltre, l'IA può fungere da piattaforma, come evidenziato nello studio di Nasri et al. (2023), ovvero supportare l'intero processo di apprendimento e guidare lo studente verso gli obiettivi prefissati. Altro aspetto interessante e promettente è l'integrazione dell'intelligenza artificiale con la robotica educativa. Lo studio di Yang et al. (2023) ha dimostrato come i robot integrati con IA possono adattare le lezioni e i materiali di apprendimento in base alle esigenze individuali degli



studenti, fornendo una didattica personalizzata e migliorando la comprensione degli argomenti oltre che creare esperienze di apprendimento interattive e esperienziali. I robot con IA possono agire come tutor virtuali, fornendo spiegazioni chiare e dettagliate e offrire supporto costante durante il processo di apprendimento. Inoltre, mediante la raccolta dei dati sulle prestazioni, aiutano gli insegnanti a identificare tempestivamente eventuali difficoltà o lacune e adattare, di conseguenza, le strategie di insegnamento.

Infine, gli studi di Jin et al. (2023) e Koc-Januchta et al., (2022), seppur in modo differente, hanno evidenziato il ruolo dell'Intelligenza Artificiale nell'aiutare gli studenti a raggiungere una maggiore autonomia e autoregolazione del loro apprendimento. L'apprendimento autoregolato è un approccio educativo in cui gli studenti partecipano attivamente alla definizione degli obiettivi, alla pianificazione delle attività, al monitoraggio dei progressi e alla riflessione sui risultati. L'IA può sostenere questo apprendimento fornendo strumenti e risorse personalizzate. Ciò include sistemi di tutoring personalizzati, assistenti virtuali, analisi di sentimenti e feedback e sistemi di monitoraggio dei progressi.

Conclusioni

Lo studio descritto, che non pretende di essere esaustivo sul tema affrontato, ha permesso di riflettere sulle opportunità e sui vantaggi offerti da questa nuova tecnologia. Tra questi, la personalizzazione dell'apprendimento (creazione di percorsi educativi personalizzati); la generazione di un feedback immediato (utile per un adeguamento delle strategie didattiche); fornire supporto (assistenti virtuali); l'analisi dei dati educativi (per progettare percorsi idonei) e l'automazione dei compiti (come la valutazione). Tuttavia, non mancano alcuni svantaggi legati ai costi e all'accessibilità, le preoccupazioni sulla privacy e la sicurezza dei dati.

Dal punto di vista della relazione educativa il rischio più temuto è la perdita dell'interazione studente-insegnante e studente-studente, elemento fondamentale nell'esperienza educativa. Pertanto, è essenziale trovare un equilibrio tra l'automazione e l'interazione: se da un lato sarà fondamentale educare gli studenti alla comprensione degli algoritmi AI promuovendo, quindi, un uso consapevole delle piattaforme tecnologiche che li circondano, dall'altro quegli stessi algoritmi faciliteranno la scoperta di tanti dettagli del processo di apprendimento che ora si fa fatica a rilevare.

Certamente l'integrazione dell'IA a scuola offrirà notevoli opportunità, ma sarà necessario affrontare la questione con una certa responsabilità senza trascurare la centralità dello studente nel processo di apprendimento e l'importanza della formazione dei docenti, che, ovviamente, non dovranno essere sostituiti dalla tecnologia e dagli algoritmi.

Bibliografia

Accoto, C. (2017). *Il mondo dato. Cinque brevi lezioni di filosofia digitale*. Egea, Milano.

Accoto, C. (2019). *Il mondo ex machina. Cinque brevi lezioni di filosofia dell'automazione*. Egea, Milano.

Baker, T., Smith, L. (2019). *Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges*. UK, Nesta.

Bertalanffy, L.V. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. G. Braziller, New York.



- Bower, M. (2019). Technology-mediated learning theory. *British Journal of Educational Technology* 50(3): 1035-1048.
- Buckingham, D. (2009). The future of media literacy in the digital age: some challenges for policy and practice. *Medienimpulse* 47(2).
- Byrne, D., Callaghan, G. (2014). *Complexity theory and the social sciences*. Routledge, New York.
- Castañeda, L., Selwyn, N. (2018). More than tools? Making sense of the ongoing digitizations of higher education, *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 15(22): 1-10.
- Chatterjee, S., Bhattacharjee, K.K. (2020). Adoption of artificial intelligence in higher education: A quantitative analysis using structural equation modelling. *Education and Information Technologies* 25: 3443–3463.
- Chen, X., Zou, D., Cheng, G., Xie, H. (2020). Detecting latent topics and trends in educational technologies over four decades using structural topic modeling: A retrospective of all volumes of computers, education. *Computers, Education* 151: 103855.
- Church, A. (1932). A set of postulates for the foundation of logic. *Annals of mathematics*: 346-366.
- Drack, M., Pouvreau, D. (2015). On the history of Ludwig von Bertalanffy's general Systemology, and on its relationship to cybernetics. *International Journal of General Systems* 44(5): 523-571.
- Fu, S., Gu, H., Yang, B. (2020). The affordances of AI-enabled automatic scoring applications on learners' continuous learning intention: An empirical study in China. *British journal of educational technology* 51(5): 1674-1692.
- García-Peñalvo, F.J., Corell, A., Rivero-Ortega, R., Rodríguez-Conde, M. J., Rodríguez-García, N. (2021). Impact of the COVID-19 on higher education: an experience-based approach. *Information technology Trends for a global and Interdisciplinary research community*: 1-18.
- Gödel, K. (1986). *Kurt Gödel: Collected works. Vol. I: Publications 1929-1936*. Oxford, Clarendon Press.
- Gödel, K. (1990). *Kurt Gödel: Collected works. Vol. II: Publications 1938-1974*. Oxford, Clarendon Press.
- Guerrero-Roldán, A.E., Rodríguez-González, M.E., Bañeres, D. (2021). Experiences in the use of an adaptive intelligent system to enhance online learners' performance: a case study in Economics and Business courses. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 18: 2-27.
- Han, J., Kamber, M., Pei, J. (2012). *Data mining. Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann, Waltham.
- Hinojo-Lucena, F.J., Aznar-Díaz, I., Cáceres-Reche, M.P., Romero-Rodríguez, J.M. (2019). Artificial intelligence in higher education: A bibliometric study on its impact in the scientific literature. *Education Sciences* 9,1: 51.



- Hsu, T.C., Huang, H.L., Hwang, G.J., Chen, M.S. (2023). Effects of Incorporating an Expert Decision-making Mechanism into Chatbots on Students' Achievement, Enjoyment, and Anxiety. *Educational Technology, Society* 26(1): 218-231.
- Hwang, G.J., Tu, Y.F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. *Mathematics* 9(6): 584.
- Hwang, G.J., Xie, H., Wah, B.W., Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence* 1: 100001.
- Jin, SH., Im, K., Yoo, M. (2023). Supporting students' self-regulated learning in online learning using artificial intelligence applications. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 20(1): 1-21.
- Kitto, K. (2014). A contextualised general systems theory. *Systems* 2(4): 541-565.
- Koć-Januchta, M., Schönborn, K.J., Roehrig, C., Chaudhri, V.K., Tibell, L.A., Heller, H.C. (2022). Connecting concepts helps put main ideas together: cognitive load and usability in learning biology with an AI-enriched textbook. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1):11.
- Koć-Januchta, M.M., Schönborn, K.J., Roehrig, C. (2022). Connecting concepts helps put main ideas together: cognitive load and usability in learning biology with an AI-enriched textbook. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 19(1): 11.
- Lai, C.L. (2020). Trends of mobile learning: A review of the top 100 highly cited papers. *British Journal of Educational Technology* 51(3): 721-742.
- Lee, S., Noh, H., Lee, J., Lee, K., Lee, G.G., Sagong, S., Kim, M. (2011). On the effectiveness of robot-assisted language learning. *ReCALL*, 23(1): 25-58.
- Lee, YF., Hwang, GJ., Chen, PY. (2022). Impacts of an AI-based chatbot on college students' after-class review, academic performance, self-efficacy, learning attitude, and motivation. *Educational technology research and development* 70(5): 1843-1865.
- Luckin, R. (2018). *Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education for the 21st Century*. London, UCL IOE Press.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., Forcier, L.B. (2016). *Intelligence unleashed – an argument for AI in education*.
- McCulloch, W.S., Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The bulletin of mathematical biophysics* 5: 115-133.
- Ménard, A.D., Trant, J.F. (2020). A review and critique of academic lab safety research. *Nature chemistry* 12(1): 17-25.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G., Prisma, G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and metaanalyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine* 6(7): 1000097.



Nasri, N.M., Nasri, N., Nasri, N.F., Abd, Talib, M.A. (2023). The Impact of Integrating an Intelligent Personal Assistant (IPA) on Secondary School Physics Students Scientific Inquiry Skills. *IEEE Transactions on Learning Technologies* 16(2): 232-242.

Ouyang, F., Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence* (2): 100020.

Ouyang, F., Wu, M., Zheng, L. et al. (2023). Integration of artificial intelligence performance prediction and learning analytics to improve student learning in online engineering course. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 20(1): 1-23.

Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffman, T.C., Mulrow, C.D., Moher D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *International journal of surgery* 88: 105906.

Pedró, F., Subosa, M., Rivas, A., Valverde, P. (2019). *Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development*. Unesco, Paris.

Post, E.L. (1921). Introduction to a general theory of elementary propositions. *American journal of mathematics* 43,3:163-185.

Rivoltella, P.C., Rossi, P.G. (2019). *Tecnologie per l'educazione*. Pearson, Milano.

Rivoltella, P.C. (2020). Nuovi alfabeti. Educazione e culture nella società post-mediale. *Scholè-Morcelliana* 124: 5-220.

Rodriguez, M.E., Guerrero-Roldan, A.E., Baneres, D., Karadeniz, A. (2022). An Intelligent Nudging System to Guide Online Learners. *International Review of Research in Open and Distributed Learning* 23(1): 41-62.

Scaradozzi, D., Screpanti, L., Cesaretti, L. (2019). Towards a definition of educational robotics: a classification of tools, experiences and assessments. *Smart Learning with Educational Robotics: Using Robots to Scaffold Learning Outcomes*: 63-92.

Sibilio, M. (2013). *La didattica semplessa*. Liguori Editore, Napoli.

Smutny, P., Schreiberova, P. (2020). Chatbots for learning: A review of educational chatbots for the Facebook Messenger. *Computers, Education* 151: 103862.

Suraworachet, W., Zhou, Q., Cukurova, M. (2023). Impact of combining human and analytics feedback on students' engagement with, and performance in, reflective writing tasks. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 20(1): 1-24.

Turing, A.M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *MIND* 59: 433-460.

Von Bertalanffy, L. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. George Braziller, New York.



Xia, Q., Chiu, T.K., Chai, C.S., Xie, K. (2023). The mediating effects of needs satisfaction on the relationships between prior knowledge and self-regulated learning through artificial intelligence chatbot. *British journal of educational technology* 54(4): 967-986.

Xu, W., Ouyang, F. (2022). A systematic review of AI role in the educational system based on a proposed conceptual framework. *Education and Information Technologies*: 1-29.

Yang, Q.F., Lian, L.W., Zhao, J.H. (2023) Developing a gamified artificial intelligence educational robot to promote learning effectiveness and behavior in laboratory safety courses for undergraduate students. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 20(18).

Zawacki-Richter, O., Marín, V.I., Bond, M., Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 16(39): 1-27.

Zimmerman, B.J., Bandura, A. (1994). Impact of self-regulatory influences on writing course attainment. *American educational research journal* 31(4): 845-862.