



ISSN: 2038-3282

**Pubblicato il: luglio 2024**

©Tutti i diritti riservati. Tutti gli articoli possono essere riprodotti con l'unica condizione di mettere in evidenza che il testo riprodotto è tratto da [www.qtimes.it](http://www.qtimes.it)

Registrazione Tribunale di Frosinone N. 564/09 VG

## **AI for Creative Skill Development: A State-of-the-Art Analysis on Current Theories and Approaches**

### **IA per lo Sviluppo delle Abilità Creative: Un'Analisi dello Stato dell'Arte delle Teorie e degli Approcci Attuali**

*di*

Fabrizio Lo Presti

[fabrizio.lopresti@itd.cnr.it](mailto:fabrizio.lopresti@itd.cnr.it)

Crispino Tosto

[crispino.tosto@itd.cnr.it](mailto:crispino.tosto@itd.cnr.it)

Manuel Gentile

[manuel.gentile@itd.cnr.it](mailto:manuel.gentile@itd.cnr.it)

Giuseppe Città

[giuseppe.citta@itd.cnr.it](mailto:giuseppe.citta@itd.cnr.it)

Salvatore Perna

[salvatore.perna@itd.cnr.it](mailto:salvatore.perna@itd.cnr.it)

Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per le Tecnologie Didattiche (CNR-ITD)

#### **Abstract:**

Recent advances in the field of artificial intelligence and, in particular, the rapid and pervasive spread of generative artificial intelligence tools, pose numerous significant challenges to the education field. Research activity in this area is generally aimed at understanding the impact of such innovations on learning and teaching processes and investigating what strategies to adopt to best guide such transformations.

In particular, when it comes to analysing the interplay between generative AI and creativity, the need to understand the effect of such technologies on the development of students' creative skills in the

©Anicia Editore

QTimes – webmagazine

Anno XVI - n. 3, 2024

[www.qtimes.it](http://www.qtimes.it)

Doi: 10.14668/QTimes\_16324

short and long term is compounded by the need to investigate whether and how generative AI can be used to foster the development of such skills.

This work, after presenting the main theories on creativity and creative education and providing a historical overview of the origins and evolution of generative AI, analyses the most relevant contributions in the field related to the use of generative AI tools, in general, with respect to the broad field of education and, specifically, in relation to the promotion of creative skills.

Regarding this last point, the conducted analysis highlights the embryonic state of the sector and outlines a possible perspective for the development of research in this field.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Education, Creativity, Generative AI.

**Abstract:**

I recenti progressi nel settore dell'intelligenza artificiale e, in particolare, la rapida e pervasiva diffusione degli strumenti di intelligenza artificiale generativa, pongono il settore dell'istruzione davanti ad una serie di sfide significative.

L'attività di ricerca in questo settore è generalmente rivolta alla comprensione dell'impatto di tali innovazioni sui processi di apprendimento ed insegnamento, e all'investigazione di quali strategie adottare per guidare al meglio tali trasformazioni. In particolare, quando si tratta di analizzare l'intreccio fra IA generativa e creatività, alla necessità di comprendere l'effetto di tali tecnologie sullo sviluppo delle capacità creative degli studenti nel breve e nel lungo periodo, si aggiunge il bisogno di investigare se e come sia possibile utilizzare l'IA generativa per favorire lo sviluppo di tali abilità. Il presente contributo, dopo aver presentato le principali teorie sulla creatività e sull'educazione creativa e fornito una panoramica storica delle origini e dell'evoluzione dell'IA generativa, analizza i contributi più rilevanti del settore relativi all'utilizzo degli strumenti di IA generativa, in generale, rispetto al campo largo dell'educazione e, nello specifico, in relazione alla promozione delle abilità creative. Rispetto a questo ultimo punto, l'analisi realizzata evidenzia lo stato embrionale del settore e delinea una possibile prospettiva di sviluppo della ricerca in quest'ambito.

**Parole chiave:** Artificial Intelligence, Education, Creativity, Generative AI.

## 1. Introduzione

Per lungo tempo, la ricerca in ambito educativo ha concentrato la sua attenzione verso la definizione di intelligenza e le sue molteplici sfaccettature. In particolare, a partire dal contributo di Sternberg (1986), l'attenzione allo sviluppo delle capacità creative ha acquisito sempre più valore all'interno delle politiche educative. Attualmente la creatività è riconosciuta fra le cosiddette competenze chiave del XXI secolo (Septriana et al., 2018), insieme al pensiero critico, alla comunicazione ed alla collaborazione. Nonostante l'importanza attribuita allo sviluppo della creatività nei percorsi educativi ed i numerosi studi condotti da ricercatori come Guilford (1950), Torrance (1969), Runco (2004) e Csíkszentmihályi (1996), la creatività continua a essere una competenza complessa da definire. I suoi meccanismi profondi restano in gran parte sconosciuti, rendendo difficile l'ideazione di percorsi di sviluppo che siano chiari, efficaci e sostenibili nel tempo. Tuttavia, i recenti successi del settore dell'Intelligenza Artificiale (IA), ed in particolare le opportunità introdotte dall'IA generativa sembrano offrire sviluppi promettenti per una comprensione più profonda del concetto di creatività.

La relazione fra IA e educazione non è una novità, sia perché il concetto di intelligenza è strettamente ed inevitabilmente collegato ai processi di apprendimento sia perché la ricerca nel campo dell'IA ha da sempre considerato il campo educativo come uno spazio di sperimentazione particolarmente interessante. Allo stesso tempo, le recenti innovazioni hanno ulteriormente accresciuto l'interesse sulle possibilità offerte dall'IA e sul suo impatto in ambito educativo. Huang e colleghi (2021), infatti, affermano che l'uso dell'IA sta trasformando sia il modo in cui gli insegnanti insegnano sia le dinamiche con cui gli studenti apprendono. Per esempio, promuove l'insegnamento personalizzato e facilita gli insegnati nello svolgimento di mansioni routinarie, contribuendo in questo modo al miglioramento dell'efficienza della didattica. Studi più recenti evidenziano quanto l'impatto dell'IA sul ruolo dei docenti sia significativo e possa intervenire in quasi tutte le dimensioni che caratterizzano l'attività del docente – relazione insegnante-studente, metodologia didattica, contenuti didattici e valutazione degli studenti – (Gentile et al., 2023) e come sia necessario analizzare il fenomeno con approcci teorici e strumenti di indagine adeguati a coglierne la complessità (Perna et al., 2024).

Infatti, nonostante possa risultare intuitivo associare al tema dell'integrazione dell'IA nell'istruzione le azioni centrate sugli studenti, il rinnovamento delle pratiche di insegnamento e delle competenze dei docenti si pone sempre di più come un'esigenza fondamentale (UNESCO, 2019). Essa corrisponde alla necessità di creare un supporto ai docenti sistemico e sistematico che abbia i tratti di una formazione specifica sui temi emergenti legati all'AI e che, come possibili conseguenze, consenta loro di sviluppare nuove competenze (Miao et al. 2021), riducendo le loro preoccupazioni legate alla sempre maggiore presenza di questi strumenti nella vita degli studenti e i loro timori sulla possibile intrusione degli stessi nei processi di apprendimento (Pitrella et al., 2023).

In letteratura, oggi, è possibile trovare esempi di interventi di addestramento all'uso consapevole delle tecnologie IA (ad es. Tammets & Ley, 2023; Gentile et al., 2024), tuttavia, il naturale disallineamento tra la velocità di evoluzione delle tecnologie e quella delle metodologie didattiche sottolinea l'urgenza con la quale la comunità scientifica deve affrontare questo tema. Inoltre, la complessità legata alla rimodulazione dei percorsi educativi è ancora più evidente se ci si focalizza sullo sviluppo della creatività in classe, campo in cui si registra una mancanza di percorsi strutturati e continuativi integrati con l'IA.

In quest'ottica ci si domanda in che modo, e con quale esito, i tentativi di integrazione di strumenti di IA generativa nei contesti didattici condotti negli ultimi anni abbiano contribuito a promuovere una prassi educativa al passo con l'evoluzione tecnologica e in grado di promuovere il potenziamento della creatività.

L'obiettivo del presente contributo è la stesura di una revisione narrativa (ad es. Ferrari, 2015) finalizzata all'analisi della recente letteratura relativa all'utilizzo dell'IA generativa nei percorsi didattici, in particolare a quelli dedicati alla promozione della creatività degli studenti. Il presente contributo, difatti, analizza gli studi più recenti e rilevanti che hanno indagato le prospettive di utilizzo degli strumenti di IA generativa nel settore educativo, ed in particolare i lavori più rilevanti che evidenziano le potenzialità offerte a supporto e potenziamento del pensiero creativo umano. La sintesi dei contributi riportati in questo lavoro cerca di mettere in evidenza da un lato i successi ottenuti e, dall'altro, le sfide e le perplessità degli attori coinvolti in questa grande rivoluzione.

Il contributo si articola nel seguente modo: in una prima parte vengono sintetizzate le principali teorie sulla creatività e le modalità con cui esse vengono applicate nell'educazione creativa, seguite da uno

©Anicia Editore

QTimes – webmagazine

Anno XVI - n. 3, 2024

[www.qtimes.it](http://www.qtimes.it)

Doi: 10.14668/QTimes\_16324

spaccato della storia dell'IA generativa. Successivamente vengono riportate una serie di testimonianze sull'utilizzo dell'IA generativa nell'educazione, a cui si unisce la descrizione dei principali approcci basati sull'IA generativa e finalizzati allo sviluppo della creatività rintracciati nella letteratura analizzata. Infine, il contributo termina con un paragrafo conclusivo, in cui vengono discusse le evidenze riscontrate e si prospettano i passi successivi per la prosecuzione di questa ricerca.

## 2. Teorie sulla creatività e educazione creativa

Stando alla letteratura del settore, la creatività ha assunto nel tempo i tratti di un concetto complesso e in continua evoluzione (Kampylis & Valtanen, 2010). L'interesse verso questo tema, nell'ambito della psicologia, ha iniziato a farsi strada a partire dagli anni '50 grazie agli studi di Guilford (1950), il cui contributo ha consolidato un consenso diffuso su una caratterizzazione della creatività in termini di produzione di qualcosa di nuovo e appropriato ad uno specifico problema o compito (Barron, 1955; Hennessey & Amabile, 2010). Questa definizione si è evoluta nel tempo, integrando ulteriori dimensioni. Boden (2004) aggiunge la dimensione della sorpresa, definita come la sensazione che si prova nell'avere un'idea apparentemente impossibile che si rivela risolutiva per il problema in questione. Sternberg e Lubart (1999) introducono la dimensione dell'elevata qualità dell'artefatto del processo creativo, mentre Plucker e colleghi (2004) ne aggiungono la dimensione della concretezza. Kharkhurin (2014) sottolinea l'importanza dell'autenticità del lavoro creativo, in quanto esso rappresenta l'interiorità dell'individuo e permette di mettere in comunicazione i propri valori e le proprie convinzioni con il mondo esterno. Csíkszentmihályi (1996) offre una prospettiva cruciale, definendo la creatività come un processo attraverso il quale un dominio simbolico appartenente alla cultura viene modificato. Questo approccio enfatizza l'importanza del contesto culturale e sociale nella manifestazione della creatività. Secondo Sternberg e Lubart (1999), i molteplici modi di concepire e descrivere la creatività in letteratura, seppur differenti tra di loro, convergono su alcuni elementi strutturali fondamentali: (a) la *novità*, identificabile con l'originalità del lavoro creativo; (b) il *valore*, ovvero l'utilità intrinseca e l'efficacia del lavoro; (c) la *valutazione*, il riconoscimento all'interno di un campo secondo criteri specifici; (d) la *comunicatività*, la capacità, cioè, di trasmettere il valore del lavoro a un pubblico.

Un altro versante della già menzionata molteplicità descrittiva è rappresentato dall'analisi del processo creativo alla luce della teoria delle pratiche sociali. Secondo questa prospettiva, lo studio di Città e colleghi (2018) identifica due tipi di creatività: creatività situazionale e creatività di abitudine. La prima entra in gioco quando, data una determinata situazione, una pratica sociale viene messa in atto. Con la seconda si identifica, invece, la capacità dell'individuo di generare una nuova pratica basata sulle proprie abitudini quando la situazione non è specificata o è inaspettata. Lo studio introduce il modello SHaPE (Situation-Habit-Practice-Experience model), uno strumento che permette di descrivere queste due modalità come risultato di una diversa navigazione della rete definita dai concetti di *Situation*, *Habit*, *Practice* ed *Experience*.

Runco (2004) ha elaborato diverse teorie sulla creatività, aprendo nuove prospettive sull'importanza di questa competenza nell'educazione. Egli sostiene che il potenziale creativo è presente in ogni individuo e che l'educazione dovrebbe mirare a sviluppare questo potenziale attraverso approcci didattici innovativi e creativi. Le sue ricerche indicano che la creatività può essere coltivata attraverso l'educazione, favorendo ambienti che incoraggiano l'esplorazione, l'innovazione e il pensiero critico.

A partire dagli studi di Runco sono stati elaborati anche degli approcci per sviluppare il potenziale creativo individuale. Livingston (2010), per esempio, afferma che per sviluppare il potenziale creativo degli studenti gli ambienti educativi devono essere strutturati in modo da promuovere l'interazione, la collaborazione e l'uso di metodi didattici innovativi. Leggett (2017) sostiene che gli insegnanti hanno un ruolo cruciale nel coltivare la creatività: devono adottare approcci che incoraggino il pensiero critico e creativo, stimolando gli studenti a esplorare nuove idee e soluzioni. Più nello specifico, le implicazioni didattiche della teorizzazione di Runco riguardano tre dimensioni fondamentali. In primo luogo, è fondamentale incorporare attività che stimolino il pensiero creativo, come progetti di gruppo, problemi aperti e compiti che richiedano soluzioni innovative; questi approcci aiutano a sviluppare competenze di pensiero critico e creativo negli studenti (Kaplan, 2019). Inoltre, è necessario formare gli insegnanti sulle teorie della creatività e su come applicarle nell'insegnamento quotidiano. La formazione può includere l'uso di metodologie didattiche flessibili e basate sulla ricerca esplorativa (McIntyre et al., 2018). Infine, l'insegnante è chiamato a creare un ambiente di supporto dove gli studenti si sentano liberi di esprimere le loro idee e di sperimentare. A sostegno di ciò lo studio di Anderson e colleghi (2017) suggerisce che il supporto da parte di insegnanti e compagni è correlato allo sviluppo della flessibilità, componente fondamentale della creatività.

### 3. Intelligenza Artificiale Generativa: origini ed evoluzione

Per Intelligenza Artificiale Generativa (IA generativa) si intende un settore specifico dell'IA finalizzata allo studio e alla realizzazione di sistemi in grado di generare nuovi artefatti digitali, siano essi testi, immagini, suoni o video. Attraverso l'analisi delle tappe fondamentali che hanno concorso all'evoluzione di questo settore, schematizzate in Figura 1, proveremo in questo paragrafo a tratteggiarne il percorso e le possibili prospettive future.

In primo luogo, proviamo ad individuare il punto di partenza di questo settore. Ovviamente, già su questo primo aspetto è difficile trovare un consenso generalmente accettato. Alcuni autori individuano nel modello teorico di Shannon e Weaver (1949) l'origine del settore, inserendo di diritto gli studi sui sistemi di dialogo in linguaggio naturale (*chatbot*) fra i primi contributi che appartengono al settore.

Senza dubbio, i sistemi di dialogo rappresentano uno dei principali ambiti in cui le tecniche di IA generativa trovano oggi applicazione. Tuttavia, l'enorme differenza fra le tecniche simboliche utilizzate nel settore a partire dagli anni Sessanta e fino all'inizio del 2000, e gli approcci sub-simbolici utilizzati nei moderni sistemi di IA generativa, fa propendere molti autori ad individuare negli studi sul *machine learning* ed in particolare sulle reti neurali l'inizio del percorso dell'IA generativa.

Dal nostro punto di vista, il primo approccio appare più coerente con l'idea di IA generativa. Infatti, fin dagli anni Sessanta l'attenzione degli studi sui *chatbot* era rivolta non soltanto alla comprensione degli input utente attraverso tecniche di *pattern-matching*, ma anche alla generazione automatica di risposte in grado di simulare un certo grado di variabilità che consentisse di emulare il comportamento umano. Applicazioni basate sul *chatbot* Eliza (Weizenbaum, 1966), e più recentemente sulla sua evoluzione Alice (Wallace, 2009), hanno investigato questi aspetti generativi. In questa prospettiva, possono essere letti i contributi di diversi autori, che attraverso tecniche diverse hanno lavorato per migliorare le capacità generative di questi sistemi prevalentemente costruiti su tecniche di AI

simbolica (Agostaro et al., 2005; Augello et al., 2007; Pilato et al., 2005a; Pilato et al., 2005b; Pilato et al., 2006; Pilato et al., 2007a; Pilato et al., 2007b).

Un passaggio fondamentale verso la nuova generazione di sistemi generativi in ambito testuale si deve agli studi di Leonard Baum e Ted Petrie (1966), sulle catene di Markov nascoste (Hidden Markov Models o HMM) come strumento per la costruzione di una rappresentazione interna della struttura grammaticale delle frasi (nomi, verbi e così via) e per la predizione di nuove parole a partire da sequenze date (Ray & Craven, 2001).

Nel percorso verso l'attuale forma dell'IA generativa, un ruolo fondamentale è dato dalle conquiste ottenute nel campo delle reti neurali. L'introduzione delle reti neurali ricorsive (Recursive Neural Network – RNN) (Hopfield, 1982) prima e, successivamente, delle reti LSTM (Hochreiter & Schmidhuber, 1997) hanno fornito un modello per la comprensione della memoria umana e del linguaggio. In particolare, le connessioni di feedback consentono di elaborare non solo dati in singoli punti temporali, ma anche e soprattutto sequenze di dati (come testo, parlato e video).

Nel 2003 Bengio e colleghi, nel lavoro “A Neural Probabilistic Language Model”, introducono una prima architettura di modellazione linguistica tramite reti neurali. Questo nuovo approccio prevede un'architettura *feed-forward* che prende in input le rappresentazioni vettoriali (cioè gli *embeddings* delle parole) delle parole precedenti nella frase.

In questo percorso, l'introduzione nel 2013 di Word2vec (Mikolov et al., 2013), può considerarsi un passaggio fondamentale su cui successivamente le tecniche di generazione di contenuti testuali si sono basate. Word2vec è una tecnica di modellazione del linguaggio naturale, in grado di catturare le relazioni semantiche e sintattiche fra le parole. Questa tecnica utilizza due modelli principali, il *Continuous Bag of Words* (CBOW), che predice la parola centrale di una finestra di parole circostanti, e lo *Skip-gram*, che fa l'opposto, predicendo le parole circostanti data una parola centrale.

Attraverso la costruzione di rappresentazioni dense delle singole parole in uno spazio vettoriale continuo, dette *word embedding*, il modello Word2vec ha dimostrato di essere in grado di catturare relazioni fra le parole e fra le sfumature di significato aprendo, di conseguenza, nuovi orizzonti di ricerca nel campo dell'NLP in svariati ambiti applicativi come l'analisi dei sentimenti ed il recupero delle informazioni.

Un altro passaggio fondamentale nel campo dell'IA generativa è stata l'introduzione nel 2014 delle *Generative Adversarial Networks* (GAN) (Goodfellow et al., 2014), modelli generativi costituiti da una coppia di reti neurali: un generatore e un discriminatore. Questa tipologia di modelli, nata nel settore della *computer vision* ed in particolare della sintesi di immagini artificiali, prevede la presenza di due moduli principali, un generatore responsabile della produzione di campioni falsi e un discriminatore, il cui compito è valutare l'autenticità dell'immagine generata rispetto ai campioni reali. Attraverso ripetute iterazioni, il generatore migliora il processo di creazione generando campioni sintetici sempre più verosimili (Karras et al., 2018).

Sempre nel 2014, Cho e colleghi introducono il concetto di Gated Recurrent Unit (GRU), un meccanismo di *gating* nelle RNN simile a un'unità LSTM ma senza gate di uscita. Le GRU cercano di risolvere il problema del gradiente che può verificarsi con le reti neurali ricorrenti standard, rendendo i modelli linguistici più veloci e accurati.

Nonostante gli svariati successi delle RNN e delle LSTM come strumento di sintesi e predizione delle sequenze di parole, rimaneva ancora presente il limite strutturale nella lunghezza del contesto trattabile con tali approcci. Nel 2017, questo problema viene superato nel lavoro “Attention Is All

You Need” (Vaswani et al., 2017), un documento di ricerca che introduce una nuova tecnologia, basata su reti neurali, che rivoluziona il campo del NLP: il *transformer*. Il meccanismo alla base, come da titolo, è quello dell’attenzione, che permette al modello di pesare l’importanza di diverse parole in una frase durante l’elaborazione. Questo meccanismo aiuta il modello a catturare le dipendenze a lungo raggio fra le parole. L’introduzione del *transformer* ha portato allo sviluppo di modelli di linguaggio estremamente potenti, chiamati *Large Language Models* (LLM). Questi strumenti sono addestrati su enormi quantità di testo provenienti da numerose fonti per acquisire una vasta conoscenza del linguaggio naturale. Alcuni dei più noti LLM oggi sono BERT e GPT.

Il Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT) (Devlin et al., 2018), è un LLM pubblicato da Google AI basato sull’architettura dei *transformer*. È caratterizzato da un approccio bidirezionale, considera dunque il contesto delle parole sia a sinistra che a destra di una parola data, migliorando notevolmente la comprensione globale del testo. Il Generative Pre-trained Transformer 3 (GPT-3) di OpenAI, rilasciato il 28 maggio 2020, è la terza iterazione di GPT, un LLM autoregressivo che produce automaticamente ed in modo estremamente sofisticato artefatti testuali. GPT-3 è noto per l’enorme numero di parametri, circa 175 miliardi, il che lo ha reso il più grande LLM disponibile al momento del suo rilascio. Un altro punto di forza di questo modello è la capacità di generalizzare, ovvero di eseguire compiti senza aver ricevuto un addestramento specifico, ma con pochi esempi o istruzioni in input. Un’applicazione di questo modello che ha riscosso particolare successo ChatGPT, un *chatbot* IA rilasciato da OpenAI il 30 novembre 2022, basato su GPT-3.5 e capace di generare automaticamente testi, articoli e storie con una qualità complessiva dell’artefatto di gran lunga superiore rispetto a quella di precedenti tecnologie di generazione testuale, tanto da sollevare, per la prima volta, questioni etiche sia sulla proprietà che sull’attribuzione dell’artefatto. Ad oggi sono disponibili modelli ancora più performanti: nel marzo 2023 viene annunciato GPT-4, una nuova iterazione di GPT migliore sia in termini di dimensioni del modello che di performance. Il 6 novembre 2023 viene presentato GPT-4 Turbo, una versione ottimizzata del modello precedente che differisce da esso per maggiore efficienza e costi ridotti. Infine, il 13 maggio 2024 viene rilasciato GPT-4o, il modello più avanzato di OpenAI, con la stessa intelligenza di GPT-4 Turbo ma circa due volte più veloce ed ottimizzato per lingue diverse dall’inglese.

L’IA generativa ha ottenuto notevoli successi anche nella creazione di contenuti artistici. DALL-E, lanciato da OpenAI a gennaio 2021, è un modello avanzato di generazione di immagini a partire da descrizioni testuali. Esso è basato su un modello *transformer* ed usa una versione modificata di GPT-3, addestrata su coppie testo-immagini, generando immagini con alta coerenza semantica rispetto alla descrizione fornita. Stable Diffusion è un modello sviluppato da Stability AI e rilasciato pubblicamente ad agosto 2022. Esso, diversamente da DALL-E, si basa su un modello di diffusione, ovvero una classe di modelli generativi che funzionano con un processo iterativo. Il modello applica delle trasformazioni graduali per convertire rumore casuale in un’immagine coerente con l’input, ottenendo risultati estremamente accurati e difficilmente distinguibili da fotografie o opere d’arte reali.

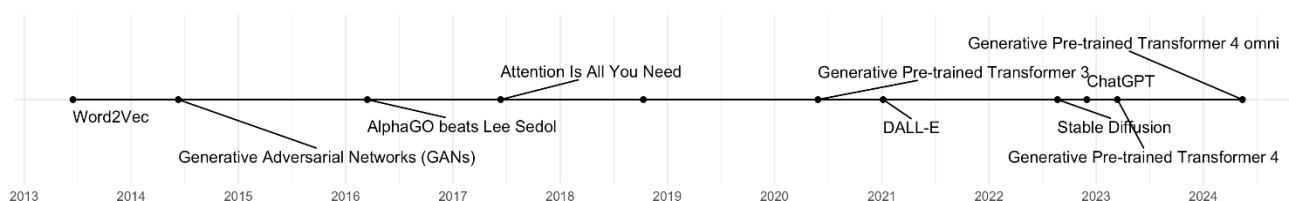


Figura 1: Evoluzione storica dell'Intelligenza Artificiale Generativa

#### 4. IA Generativa e Educazione

I recenti successi dell'IA generativa hanno spinto studiosi di vari settori disciplinari a focalizzare la loro attenzione sulle possibilità offerte da questa tecnologia e, dall'altra parte, su limiti e rischi connessi al suo utilizzo. In particolare, il mondo dell'educazione è quello che, fra i molteplici settori in cui l'IA generativa produrrà un effetto, rischia di subire il maggiore impatto, sia rispetto agli effetti sulle pratiche educative determinati dalle nuove possibilità offerte da queste tecnologie, sia, forse anche in maniera maggiore, rispetto ai relativi rischi.

Conseguentemente, la ricerca nel settore delle tecnologie educative ha iniziato ad esplorare le potenzialità e i limiti dell'IA generativa attraverso un numero crescente di studi a carattere sia teorico che empirico. Obiettivo di questo paragrafo è fornire al lettore una sintesi dello stato dell'arte della ricerca recente relativa all'impiego dell'IA generativa in educazione. Il punto di partenza di questa analisi è fornito dai primi studi di review di letteratura nel settore.

Diverse revisioni della letteratura disponibili nel settore analizzano l'impatto di tali tecnologie in specifici contesti come discipline specifiche, ad esempio la medicina (Gala & Makaryus, 2023) o l'industria edile (Saka et al., 2024), o campi di applicazione, ad esempio la formazione dei docenti (Brandão et al., 2024).

Seguendo un approccio più generale, la review di Ogunleye e colleghi (2024) fornisce un resoconto sistematico dell'utilizzo dell'IA generativa nel campo dell'istruzione universitaria a partire dall'analisi di un numero rilevante di studi. Lo studio evidenzia un aumento graduale del numero di articoli pubblicati, con un incremento significativo nel 2023, anno successivo al lancio di ChatGPT. La review raggruppa inoltre gli studi analizzati lungo alcune tematiche principali, quali esempi di applicazioni in specifici campi/discipline di applicazione, implicazioni derivanti dall'uso dell'IA generativa nella didattica, o ancora prospettive e pregiudizi relativi all'integrazione della tecnologia nella didattica. Fra i contributi riportati nello studio Ogunleye e colleghi (2024) che analizzano le implicazioni dell'uso della tecnologia in questione, il lavoro di Lim e colleghi (2023) descrive alcuni "paradossi" dell'IA generativa al fine di sensibilizzare docenti e studenti. Ad esempio, l'IA generativa è contemporaneamente "amica" e "nemica": da un lato strumenti come i chatbot permettono di ottenere dei feedback immediati per risolvere i dubbi degli studenti ma, dall'altro, è sempre presente il rischio di produzione di informazioni false, per esempio a seguito di un'interpretazione del prompt imprecisa o della mancanza di dati relativi all'argomento. In maniera analoga, l'IA generativa è "capace" di svolgere il compito richiesto ma strettamente "dipendente", sia in termini di qualità che di quantità delle risposte, dal *prompt* in ingresso. Ancora, l'IA generativa è "accessibile" ma anche "restrittiva", sia in termini di barriere di linguaggio (un supporto più efficace in lingue diverse dall'inglese è stato fornito soltanto a partire dal rilascio di GPT-4o), sia di servizi di abbonamento che di fatto riducono l'accesso a chi non può permetterselo. L'IA generativa diventa infine più



“popolare” quando “vietata”: in altri termini, i tentativi di limitazione dell’uso o di divieto di utilizzo, in modo simile a quanto già successo per altri servizi o tecnologie, potrebbero incrementare l’utilizzo non informato fra gli studenti come risposta reattiva al divieto. Sempre in riferimento all’analisi delle possibili implicazioni dell’uso didattico dell’IA generativa, lo studio di Cooper (2023) analizza criticamente gli output forniti da ChatGPT relativi a prompt pertinenti a contenuti e strategie di insegnamento delle scienze (per es., contenuti didattici, rubriche auto-valutative e test di apprendimento). Attraverso una rilettura dei risultati ottenuti alla luce della letteratura esistente, l’autore suggerisce che gli output ottenuti siano utili strumenti a supporto della didattica, a condizione che gli insegnanti li esaminino criticamente e li adattino al loro contesto specifico.

Per quanto invece riguarda lo sviluppo di strategie di apprendimento efficaci, Pesovski e colleghi (2024), riportano all’interno del loro lavoro lo sviluppo di uno strumento in grado di generare automaticamente materiale didattico in funzione degli obiettivi di apprendimento forniti dal docente, nel contesto di un corso di software engineering. Il materiale didattico viene erogato agli studenti dallo strumento IA attraverso tre stili diversi: il primo, lo stile tradizionale, riconducibile allo stile di insegnamento tipico di un professore in una classe; gli altri due sono invece delle variazioni con inseriti elementi ricavati dalla cultura pop. Gli studenti hanno mostrato di gradire l’uso dello strumento IA al di là della modalità specifica (tradizionale vs. rimaneggiata in chiave pop). Lo studio suggerisce come l’IA generativa possa fornire nuove soluzioni efficaci a sostegno dell’apprendimento personalizzato che siano contemporaneamente coinvolgenti, sostenibili ed accessibili (lo strumento è stato inserito all’interno di un Learning Management System (LMS) preesistente diminuendo i costi di sviluppo). Lo studio di Kurtz e colleghi (2024) invece, presenta in termini più generali una serie di raccomandazioni relative alle strategie di integrazione dell’IA generativa in campo didattico. Le indicazioni presentate mirano a: 1) rafforzare la consapevolezza dell’inevitabile cambio di paradigma che l’ingresso in scena di queste tecnologie sta provocando; 2) formare insegnanti ed educatori ed incentivarne lo studio per una comprensione profonda del potenziale trasformativo dell’IA generativa in campo pedagogico; 3) facilitare il cambiamento delle pratiche di insegnamento e valutazione; 4) coinvolgere gli studenti come partecipanti attivi del loro percorso formativo; 5) promuovere la *literacy* ed educare gli studenti ad un uso consapevole della IA generativa; 6) mettere in pratica risultati e suggerimenti derivanti dalla ricerca relativi alle nuove metodologie potenziate dall’IA generativa.

Un’altra review rilevante particolarmente significativa è quella di Lye e Lim (2024), che si concentra sull’utilizzo dell’IA generativa a supporto della valutazione nel contesto dell’istruzione superiore. All’interno dello studio di Lye e Lim (2024) vengono analizzati lavori che descrivono i numerosi vantaggi offerti da queste tecnologie nel campo della valutazione degli studenti. In particolare, l’IA generativa è facilmente accessibile e quindi utilizzabile ai fini valutativi, in particolare rispetto alla valutazione qualitativa degli elaborati testuali prodotti dagli studenti; l’IA generativa può consentire inoltre di rilevare le lacune di apprendimento e supportare la definizione di percorsi altamente personalizzati e a lungo termine, in termini di strategie e contenuti, per la loro risoluzione. D’altra parte, gli autori sottolineano i possibili rischi connessi all’introduzione della tecnologia per fini valutativi come, ad esempio, la produzione di valutazioni inaccurate che potrebbero incrinare il rapporto di fiducia fra studenti e docenti. A conclusione, gli autori suggeriscono l’adozione del modello Against, Avoid e Adopt (AAA) come framework utile alla rilettura delle vecchie modalità di valutazione degli studenti e alla progettazione di nuove modalità che tengano in considerazione le

soluzioni innovative (come quelle introdotte dall'IA generativa) pur nel rispetto del principio dell'integrità accademica.

Per quanto riguarda infine l'applicazione dell'IA generativa nel contesto della scuola primaria e della scuola secondaria di primo grado, risulta rilevante lo studio empirico di Jauhiainen e Guerra (2023). In questo lavoro gli autori coinvolgono 110 studenti di età compresa tra gli 8 e i 14 anni, a cui viene chiesto di partecipare a delle lezioni del curriculum di Scienze Sociali, in particolare lezioni di storia. I contenuti delle lezioni, sotto forma di testi, immagini ed esercizi, sono stati costruiti ed ottimizzati utilizzando ChatGPT (modello GPT-3.5) e Midjourney, un prodotto tecnologico in grado di generare immagini a partire da un *prompt* di testo. Lo studio suggerisce che anche per questi contesti scolastici è possibile utilizzare questi strumenti per personalizzare i materiali di apprendimento adattandoli al livello di conoscenze e competenze individuali. I risultati dello studio suggeriscono inoltre che la personalizzazione della didattica resa possibile dall'IA generativa incrementa la motivazione all'apprendimento e promuove lo sviluppo di conoscenze e competenze negli studenti.

## 5. IA Generativa e Creatività

Una delle emergenze più impellenti per i sistemi educativi è quella di stare al passo con le richieste di nuove competenze provenienti dal mondo del lavoro. Fra queste, la creatività rappresenta una delle competenze trasversali più complesse da allenare (Città et al., 2018). Ad oggi, gli studi per l'integrazione efficace di strumenti di IA generativa per lo sviluppo della creatività sono in una fase embrionale. I contributi attualmente disponibili discutono per lo più di come l'IA generativa possa essere uno strumento utile a sostegno di attività che richiedono creatività in vari settori.

Questo paragrafo continua l'esplorazione della letteratura focalizzandosi questa volta su quei contributi che si occupano in maniera diretta di creatività e che, in particolare, discutono dell'IA generativa come strumento a sostegno di attività che richiedono creatività e come strumento di stimolazione di attitudini e abilità connesse alla creatività.

In particolare, dal punto di vista della sinergia tra uomo e IA all'interno dei processi di co-creazione creativa, il lavoro di Turchi e colleghi (2023) sottolinea come la presenza di studi che investigano il tema sia ad oggi ancora limitata. Il loro contributo, in particolare, consiste nella valutazione dell'impatto di strumenti basati sui Large-scale Text-to-Image Generative Models (LTGMs) sul processo creativo umano, attraverso l'analisi del feedback fornito da un gruppo di studenti di design a cui è stato chiesto di sviluppare un progetto di architettura con l'aiuto dei suddetti strumenti nel corso di un workshop. Il software utilizzato per lo svolgimento del workshop è Grasshopper, un ambiente di programmazione ampiamente usato nell'industria dell'architettura a cui sono stati integrati due plugin generativi: DALL-E 2 e Stable Diffusion. Dai feedback raccolti è stato rilevato che l'uso di questi strumenti permette di fornire velocemente una rappresentazione visiva delle idee di design e propone una grande varietà di immagini che genera sorpresa ed interesse nello studente. Tuttavia, è interessante sottolineare che gli studenti hanno descritto le limitazioni percepite durante l'utilizzo di tali strumenti come il sentirsi costretti a seguire il processo creativo del medium digitale senza riuscire ad ottenere il risultato che loro stessi avevano immaginato. Sempre nel campo dell'architettura, nello studio sperimentale di Paananen e colleghi (2023) è investigato il potenziale degli strumenti di generazione *text-to-image* nel supportare la creatività durante le fasi preliminari del processo di progettazione architettonica. A tale scopo è stato organizzato uno studio in cui diciassette studenti di architettura dovevano svolgere un semplice compito di design sfruttando

differenti generatori *text-to-image*: Midjourney, DALL-E 2 e Stable Diffusion. I risultati dello studio hanno evidenziato come l'utilizzo efficace di tali strumenti presupponga che gli stessi strumenti forniscano guida e supporto allo studente durante l'esplorazione creativa, in aggiunta alla semplice produzione di un output visivo. Inoltre, la difficoltà manifestata dagli studenti nella costruzione di prompt appropriati ha rimarcato la necessità che i docenti intervengano nel processo formandoli ad un utilizzo appropriato ed informato dello strumento di IA generativa. Il lavoro di Vartiainen e colleghi (2023) indaga più nel dettaglio le percezioni dei docenti su benefici e sfide legate all'utilizzo dell'IA generativa nella produzione creativa di lavori di artigianato di studenti. Per fare ciò, 15 docenti hanno partecipato a un workshop durante il quale è stato chiesto loro di produrre una serie di immagini usando Midjourney. I partecipanti hanno rilevato numerose opportunità per migliorare il processo di generazione di idee attraverso questi strumenti. Secondo gli insegnanti, inoltre, fornire un artefatto visivo potrebbe aiutare gli studenti a rendere meno vaghe le loro idee. D'altro canto, è stato sottolineato come l'artefatto generato dal modello potrebbe non tenere conto di limitazioni quali le risorse disponibili o le competenze individuali, non permettendo quindi di concretizzare l'idea in un prodotto. È inoltre stato evidenziato come il processo creativo sia come racchiuso in una scatola nera, senza che sia possibile apprezzarne i passaggi. Allo stesso modo sembrerebbe difficile comprendere il ruolo che l'essere umano ha nel processo, non potendo descrivere fino a che punto e su quali aspetti egli abbia partecipato alla produzione dell'artefatto. Nel loro contributo, Han e Cai (2023) presentano delle raccomandazioni utili al design e allo sviluppo di applicazioni per il *visual storytelling* basate sull'IA generativa. Il *visual storytelling* è un approccio all'espressione creativa fondato su una combinazione di creatività verbale e figurativa, al fine di costruire una storia sia in formato testuale che visivo. I dati raccolti sintetizzano in forma di raccomandazioni la prospettiva e le opinioni di genitori, docenti e ricercatori sull'uso di strumenti di IA generativa nella didattica della scuola primaria. Gli autori suggeriscono in particolare di realizzare strumenti a supporto della creazione di artefatti che incentivino il processo di co-creazione, anche al fine di fugare le possibili preoccupazioni che il risultato derivi esclusivamente dalla macchina. Il contributo sottolinea inoltre l'importanza di addestrare gli studenti al *prompt engineering* (generazione di istruzioni per lo strumento di IA generativa) e di dedicare attenzione alla fase di training dello strumento generativo, in modo da evitare la perpetuazione di *bias* o stereotipi.

Per quanto riguarda invece l'impatto dell'utilizzo di strumenti di IA generativa in termini di stimolazione e promozione di attitudini e abilità connesse al pensiero creativo, risulta interessante il contributo di Habib e colleghi (2023). In questo lavoro, gli autori valutano l'impatto dell'IA generativa, ed in particolare di ChatGPT-3, sul pensiero creativo di studenti universitari che frequentano un corso di creatività. I risultati della ricerca sottolineano l'effetto positivo dell'utilizzo di ChatGPT sul pensiero divergente, soprattutto dal punto di vista della rapidità ed ampiezza della generazione di idee utili alla gestione di una situazione problematica o alla soluzione di un compito. In altri termini, uno strumento generativo quale ChatGPT dimostra potenziale nel sostegno di abilità coinvolte nelle fasi iniziali del processo creativo (definizione del problema e generazione di un set di possibili idee risolutive). D'altra parte, gli autori sottolineano la necessità di addestrare gli studenti ad un uso efficace dell'IA generativa anche nelle fasi conclusive del processo creativo, che potrebbe richiedere abilità caratteristiche del pensiero convergente (per esempio, selezione e valutazione delle idee generate alla luce dell'effettiva realizzabilità). In modo simile, il lavoro di Urban e colleghi (2024) indaga l'impatto di ChatGPT sulla performance di *problem solving* creativo di studenti. Gli

©Anicia Editore

QTimes – webmagazine

Anno XVI - n. 3, 2024

[www.qtimes.it](http://www.qtimes.it)

Doi: 10.14668/QTimes\_16324

autori coinvolgono due gruppi di studenti nella risoluzione di un compito complesso, caratterizzato da una mancanza di condizioni iniziali chiare, di obiettivi specifici o algoritmi utili alla soluzione (tali compiti vengono definiti *ill-defined*). Al primo gruppo di studenti viene concesso l'accesso a ChatGPT, mentre al secondo viene chiesto a risolvere il compito senza il sostegno tecnologico. I risultati ottenuti mostrano performance maggiori (in termini di qualità, elaborazione ed originalità della soluzione implementata) nel gruppo di studenti che hanno utilizzato ChatGPT. Questo gruppo di studenti ha inoltre riportato di aver trovato il compito meno impegnativo. Questi studi rappresentano un interessante primo approccio a un campo di indagine vasto quale quello dell'IA generativa quale strumento utile non solo allo sviluppo ma anche alla comprensione profonda dei meccanismi alla base della creatività umana.

## 6. Conclusioni

L'analisi degli studi selezionati suggerisce che sia possibile utilizzare l'IA generativa come uno strumento efficace di supporto ai processi educativi. Rispetto a questi processi, infatti, le pratiche in cui l'IA generativa trova applicazioni sono numerose. Tra queste la personalizzazione dei percorsi didattici, lo sviluppo di materiali educativi e il supporto alla valutazione. Osservando l'altra faccia della medaglia, i lavori selezionati suggeriscono che l'integrazione di queste tecnologie nella didattica preveda uno sforzo collettivo, da parte di docenti e studenti, per costruire una conoscenza profonda dello strumento al fine di scegliere con criterio il loro grado di integrazione e di esaminare con consapevolezza la qualità dei contenuti prodotti.

Rispetto al tema specifico della creatività, le prime evidenze empiriche suggeriscono che questi strumenti possano essere utili alleati nelle fasi di progettazione di un artefatto creativo. Ad aggiunta di ciò, iniziano ad emergere studi che analizzano l'uso dell'IA generativa come strumento di promozione del pensiero creativo. Queste testimonianze gettano le basi per una direzione di ricerca che miri a studiare l'utilizzo di tali strumenti in percorsi di potenziamento della creatività e di comprensione più profonda dei processi creativi.

Risulta abbastanza scontato sottolineare come un tale programma di ricerca-azione veda nel ruolo del docente un elemento fondamentale del processo. Proprio per tale motivo, sarebbe utile indagare le opinioni e le percezioni di insegnanti e, al tempo stesso, investire nella formazione dei formatori. Così facendo da un lato, si faciliterebbe l'integrazione di tali tecnologie e si favorirebbe un uso adatto a supportare lo sviluppo del pensiero creativo, e dall'altro si ridurrebbero i possibili pregiudizi che accompagnano l'adozione di tali strumenti nel sistema educativo.

Infine, tali prospettive di ricerca devono necessariamente allinearsi con le azioni di innovazione sistemica in atto a diversi livelli e descritte nella recente guida pubblicata dall'UNESCO (2023) proprio sul tema dell'uso dell'IA generativa nella formazione e nella ricerca.

### Riferimenti bibliografici:

- Agostaro, F., Augello, A., Pilato, G., Vassallo, G., & Gaglio, S. (2005). A conversational agent based on a conceptual interpretation of a data driven semantic space. In *AI\* IA 2005: Advances in Artificial Intelligence: 9th Congress of the Italian Association for Artificial Intelligence, Milan, Italy, September 21-32, 2005. Proceedings 9* (pp. 381-392). Springer Berlin Heidelberg.
- Anderson, R., Pitts, C., Smolkowski, K. (2017) Creative Ideation Meets Relational Support: Measuring Links Between these Factors in Early Adolescence. *Creativity Research Journal*, 29, 244

- 256.

Augello, A., Pilato, G., Vassallo, G., & Gaglio, S. (2007). Geometric Algebra Rotors for Sub-Symbolic Coding of Natural Language Sentences. *LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE*, 4692, 42-51.

Barron, F. (1955) The disposition toward originality. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 51(3), 478–485.

Baum, L. E., Petrie, T. (1966) Statistical Inference for Probabilistic Functions of Finite State Markov Chains. *Ann. Math. Statist.* 37(6): 1554-1563.

Bengio, Y., Ducharme, R., Vincent, P., Janvin, C. (2003) A Neural Probabilistic Language Model. *The Journal of Machine Learning Research*, vol.3, 1137-1155.

Boden, M. (2004) The creative mind: myths and mechanisms. *2nd edition, Routledge*.

Brandão, A., Pedro, L., Zagalo, N (2024) Teacher professional development for a future with generative artificial intelligence – an integrative literature review. *Digital Education Review*, issue 45, 151-157.

Cho, K., Van Merriënboer, B., Bahdanau, D., Bougares, F., Schwenk, H., Bengio, Y. (2014) Learning Phrase Representations using RNN Encoder-Decoder for Statistical Machine Translation. *Association for computational Linguistics. ArXiv:1406.1078*.

Città, G., Gentile, M., Augello, A., Ottaviano, S., Allegra, M., Dignum, F. (2018). Analyzing Creativity in the Light of Social Practice Theory. *Front. Psychol., Sec. Cognitive Science*, Volume 9 – 2018.

Cooper, G. (2023) Examining Science Education in ChatGPT: An Exploratory Study of Generative Artificial Intelligence. *J Sci Educ Technol*, 32, 444-452.

Csikszentmihályi, M. (1996) Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention. *HarperCollinsPublishers*.

Devlin, J., Chang, M., Lee, K., Toutanova, K. (2018) BERT: Pre-Training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *ArXiv:1810.04805*.

Ferrari, R. (2015) Writing narrative style literature reviews. *Medical Writing. Vol. 24, Issue 4: Writing for Lay Audiences*, 230-235.

Gala, D., Makaryus, A. N. (2023) The Utility of Language Models in Cardiology: A Narrative Review of the Benefits and Concerns of ChatGPT-4. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 20, issue 15, 6438.

Gentile M, Città G, Perna S and Allegra M (2023) Do we still need teachers? Navigating the paradigm shift of the teacher's role in the AI era. *Front. Educ.* 8:1161777. doi: 10.3389/feduc.2023.1161777.

Gentile, M., Città, G., La Guardia, D., Perna, S., Allegra, M. (2024). Training Teachers Towards An Aware and Competent Use of AI in Education. *Scholè: Rivista di educazione e studi culturali: LXII*, 1, 2024, 104-124.

Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., Bengio, Y. (2014) Generative Adversarial Networks. *ArXiv:1406.2661*.

Guilford, J. P. (1950) Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444–454.

Habib, S., Vogel, T., Anli, X., Thorne, E. (2024) How does generative artificial intelligence impact student creativity? *Journal of Creativity*, Vol. 34, Issue 1, 100072.

Han, A., Cai, Z. (2023) Design implications of generative AI systems for visual storytelling for young learners. *Proceedings of IDC 2023 – 22<sup>nd</sup> Annual ACM Interaction Design and Children Conference:*

©Anicia Editore

QTimes – webmagazine

Anno XVI - n. 3, 2024

[www.qtimes.it](http://www.qtimes.it)

Doi: 10.14668/QTimes\_16324

*Rediscovering Childhood*, 470-474

Hennessey, B. A., & Amabile, T. M. (2010). Creativity. *Annual Review of Psychology*, 61, 569–598.

Hochreiter, S., Schimdhuber, J. (1997) Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9(8): 1737-1780.

Hopfield, J.J. (1982) Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities. *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES*, vol.79 n. 8.

Huang, J., Saleh, S., Liu, Y. (2021) A Review on Artificial Intelligence in Education. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 10(3), 206.

Jauhiainen, J. S., Guerra, A. G. (2023) Generative AI and ChatGPT in School Children's Education: Evidence from a School Lesson. *Sustainability* 2023, 15(18), 14025.

Kampylis, P. G., Valtanen, J. (2010). Redefining creativity — analyzing definitions, collocations, and consequences. *The Journal of Creative Behavior*, 44(3), 191–214. <https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.2010.tb01333.x>

Kaplan, D. (2019) Creativity in Education: Teaching for Creativity Development. *Psychology*, Vol.10 No.2.

Karras, T., Laine, S., and Aila, T. (2018). A Style-Based Generator Architecture for Generative Adversarial Networks, *Proceedings of the 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Piscataway, NJ*.

Kharkhurin, A. V. (2014) Creativity.4in1: Four-criterion construct of creativity. *Creativity Research Journal*, 26(3), 338–352.

Kurtz, G., Amzalag, M., Shaked, N., Zaguri, Y., Kohen-Vacs, D., Gal, E., Barak-Medina, E. (2024) Strategies for Integrating Generative AI into Higher Education: Navigating Challenges and Leveraging Opportunities. *Educ. Sci.* 2024, 14, 503.

Leggett, N. (2017) Early Childhood Creativity: Challenging Educators in Their Role to Intentionally Develop Creative Thinking in Children. *Early Childhood Education Journal*, 45, 845-853.

Lim, W. M., Gunasekara, A., Pallant, J. L., Pallant, J. I., Pechenkina, E. (2023) Generative AI and the future of education: Ragnarok or reformation? A paradoxical perspective from management educators, *The International Journal of Management Education*, Vol. 21, Issue 2.

Livingston, L. (2010) Teaching Creativity in Higher Education. *Arts Education Policy Review*, 111, 59 – 62.

Lye, C. Y., Lim, L. (2024) Generative Artificial Intelligence in Tertiary Education: Assessment Redesign Principles and Considerations. *Educ. Sci.* 2024, 14(6), 569.

McIntyre, P., Fulton, J., Paton, E., Kerrigan, S., Meany, M. (2018) Creativity, Education and the Systems Approach. *Educating for Creativity within Higher Education. Creativity, Education and the Arts. Palgrave Macmillan, Cham.* 95-109.

Miao, F., Holmes, W., Ronghuai, H., Hui, Z. (2021) AI and Education: A Guidance for Policymakers, *UNESCO Publishing*, available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709> (accessed 5/7/2024).

Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., Dean, J. (2013) Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. *ArXiv:1301:3781*.

Ogunleye, B., Zakariyyah, K. I., Ajao, O., Olayinka, O., Sharma, H. (2024) A Systematic Review of Generative AI for Teaching and Learning Practice. *Educ. Sci.* 2024, 14(6), 636.

©Anicia Editore

QTimes – webmagazine

Anno XVI - n. 3, 2024

[www.qtimes.it](http://www.qtimes.it)

Doi: 10.14668/QTimes\_16324

- Paananen, V., Oppenlaender, J., Visuri, A. (2023) Using text-to-image generation for architectural design ideation. *International Journal of Architectural Computing*, ISSN 14780771.
- Perna, S., Allegra, M., Gentile, M., Ottaviano, S., Pitrella, V., Re, A., Tosto, C., Città, G. (2024). Analysing the impact of artificial intelligence on teacher-student interaction in the light of Actor-Network Theory. *Scholé: Rivista di educazione e studi culturali: LXII*, 1, 2024, 125-145.
- Pesovski, I., Santos, R., Henriques, R., Trajkovik, V. (2024) Generative AI for Customizable Learning Experiences. *Sustainability*, 16(7):3034.
- Pilato, G., Augello, A., Trecarichi, G., Vassallo, G., & Gaglio, S. (2005a). LSA-enhanced ontologies for information exploration system on cultural heritage. In *Proc. of the 9th Congress of AI\* IA, Workshop for Cultural Heritage (pp. 0-0)*.
- Pilato, G., Vassallo, G., Augello, A., Vasile, M., & Gaglio, S. (2005b). Expert chat-bots for cultural heritage. *Intelligenza Artificiale*, 2(2), 25-31.
- Pilato, G., Augello, A., Santangelo, A., Gentile, A., & Gaglio, S. (2006). An Intelligent Multimodal Site-guide for the "Parco Archeologico della Valle dei Templi di Agrigento". *First European Workshop on Intelligent Technologies for Cultural Heritage Exploitation at The 17th E*.
- Pilato, G., Augello, A., Scriminaci, M., Vassallo, G., Gaglio, S. (2007a) Sub-symbolic mapping of Cyc microtheories in data-driven "Conceptual" spaces. *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems: 11th International Conference, KES 2007, XVII Italian Workshop on Neural Networks, Vietri sul Mare, Italy, September 12-14, 2007. Proceedings, Part I 11. Springer Berlin Heidelberg, 2007*.
- Pilato, G., Augello, A., Vassallo, G., & Gaglio, S. (2007b). *Sub-symbolic semantic layer in cyc for intuitive chat-bots. In International Conference on Semantic Computing (ICSC 2007) (pp. 121-128). IEEE*.
- Pitrella, V., Gentile, M., Città, G., Re, A., Tosto, C., & Perna, S. (2023). La percezione dell'utilizzo dell'intelligenza artificiale nello svolgimento dei compiti a casa in un campione di insegnanti italiani. *Annali online della Didattica e della Formazione Docente*, 15(26), 300-318.
- Plucker, J. A., Beghetto, R. A., Dow, G. T. (2004) Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potentials, pitfalls, and future directions in creativity research. *Educational Psychologist*, 39(2), 83–96.
- Ray, S., Craven, M. (2001) Representing Sentence Structure in Hidden Markov Models for Information Extraction, in *Proceedings of the 17th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-2001)*.
- Runco, M. A. (2004) Everyone has creative potential. In R. J. Sternberg, E. L. Grigorenko, & J. L. Singer (Eds.), *Creativity: From potential to realization (pp. 21–30)*. American Psychological Association.
- Saka, A., Taiwo, R., Saka, N., Salami, B.A., Ajayi, S., Akande, K., Kazemi, H. (2024) GPT models in construction industry: Opportunities, limitations, and a use case validation. *Dev. Built Environ.*, 17, article 100300, <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100300>
- Septriana, H., Hasih, P., Mardiyana. (2018) The 21<sup>st</sup> century skills with model eliciting activities on linear program. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1008 012059.
- Shannon, C. E., Weaver, W. (1949) The Mathematical Theory of Communication. *The University of Illinois Press, ISBN-13. 978-0252725487*.
- Sternberg, R. J. (1986) Intelligence, Wisdom, and Creativity: Three is Better Than One. *Educational*

*Psychologist*, 21:3, 175-190.

Sternberg, R. J., Lubart, T. I. (1999) The concept of creativity: Prospects and paradigms. R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 3–15). Cambridge University Press.

Tammets, K., & Ley, T. (2023). Integrating AI tools in teacher professional learning: a conceptual model and illustrative case. *Frontiers in Artificial Intelligence* (Vol. 6). Frontiers Media SA.

Torrance, E.P. (1969) Creativity. What research says to the teacher, No. 28. *National Education Association, Washington, DC*.

Turchi, T., Carta, S., Ambrosini, L., Malizia, A. (2023) Human-AI Co-creation: Evaluating the Impact of Large-Scale Text-to-Image Generative Models on the Creative Process. In: Spano, L.D., Schmidt, A., Santoro, C., Stumpf, S. (eds) *End-User Development. IS-EUD 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 13917*. Springer, Cham.

UNESCO (2019), Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education, *Unesco, Paris*, available at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303>.

UNESCO (2023) Guidance for Generative AI in Education and Research. *Education 2030*.

Urban, M., Dechterenko, F., Lukavsky, J., Hrabalova, V., Svacha, F., Brom, C., Urban, K. (2024) ChatGPT improves creative problem-solving performance in university students: An experimental study. *Computers & Education*. Vol. 215, 105031.

Vartiainen, H., Tedre, M. (2023) Using artificial intelligence in craft education: crafting with text-to-image generative models. *Digital Creativity*, Vol. 34, Issue 1, 1-21.

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., Polosukhin, I. (2017) Attention Is All You Need. *ArXiv:1706:03762*.

Wallace, R.S. (2009). The Anatomy of A.L.I.C.E.. In: Epstein, R., Roberts, G., Beber, G. (eds) *Parsing the Turing Test*. Springer, Dordrecht.

Weizenbaum, J. (1966) ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the ACM*, Volume 9, Issue 1, 36-45.