

Pubblicato il: febbraio 2023

©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
Registrazione Tribunale di Frosinone N. 564/09 VG

Artificial Intelligence and educational processes according to Artificial Intelligence

Intelligenza Artificiale e processi educativi secondo l'Intelligenza Artificiale

di

Pio Alfredo Di Tore

pioalfredo.ditore@unicas.it

Università di Cassino e del Lazio Meridionale

Abstract:

The present work consists of an experiment, in a broad sense, of using an Artificial Intelligence model to define the state of the art on Artificial Intelligence in education. In short, we asked an Artificial Intelligence what Artificial Intelligence is, what are the possible applications in education (and possible critical issues) of Artificial Intelligence and what is the state of the scientific literature on the subject. The work does not claim to provide a systematic review of the scientific literature, but intends to constitute an informed starting point for reflection on the state of the art of the relationship between AI and educational processes, and at the same time explore the possibility of using AI in educational research. More generally, the paper intends to contribute to the ongoing scientific debate on the opportunity to use, and in what capacity, AI in the generation of scientific articles.

©Anicia Editore

QTimes – webmagazine

Anno XV – vol. 2., n. 1, 2023

www.qtimes.it

doi: 10.14668/QTimes_15170

Keywords: Artificial Intelligence, ChatGPT, Educational Processes, Educational Research

Abstract:

Il presente lavoro consiste in un esperimento, in senso lato, di utilizzo di un modello di Intelligenza Artificiale per definire lo stato dell'arte sull'intelligenza Artificiale in ambito educativo. In breve, abbiamo chiesto a un'Intelligenza Artificiale cosa sia l'Intelligenza Artificiale, quali siano le possibili applicazioni in ambito educativo (e le possibili criticità) dell'Intelligenza Artificiale e quale sia lo stato della letteratura scientifica sull'argomento. Il lavoro non ha la pretesa di fornire una revisione sistematica della letteratura scientifica, ma intende costituire uno spunto informato di riflessione sullo stato dell'arte del rapporto tra IA e processi educativi, e contemporaneamente esplorare la possibilità di utilizzare l'IA nella ricerca in educazione. Più in generale, il paper intende contribuire al dibattito scientifico in corso sull'opportunità di utilizzare, e a quale titolo, l'IA nella generazione di articoli scientifici.

Parole chiave: Intelligenza Artificiale, ChatGPT, Processi Educativi, Ricerca Educativa.

1. Introduzione

Questo lavoro si iscrive in un progetto di ricerca e di studio sull'utilizzo dell'intelligenza Artificiale in ambito educativo. Il progetto di ricerca ha prodotto un'indagine sulle epistemologie latenti dei docenti (Di Tore, Di Tore, & Axelsson, 2022) basata su un software di Natural Language Processing, un'interfaccia web per il riconoscimento automatico delle emozioni tramite webcam, basata su un algoritmo di intelligenza artificiale (Chiusaroli & Di Tore, 2020), un robot capace di interazione con persone nello spettro autistico sulla base del riconoscimento delle emozioni (Campitiello, Todino, Di Tore, & Di Tore, 2022). In questo quadro più ampio, il presente lavoro consiste in un esperimento, in senso lato, di utilizzo di un modello di Intelligenza Artificiale per definire lo stato dell'arte sull'intelligenza Artificiale in ambito educativo. In breve, abbiamo chiesto a un'Intelligenza Artificiale cosa sia l'Intelligenza Artificiale, quali siano le possibili applicazioni in ambito educativo (e le possibili criticità) dell'Intelligenza Artificiale e quale sia lo stato della letteratura scientifica sull'argomento.

Abbiamo utilizzato per questo lavoro ChatGPT, un modello di linguaggio di grandi dimensioni sviluppato da OpenAI, pensato per generare testo in modo plausibile e coerente in risposta alle domande degli utenti. È stato addestrato su un gran numero di documenti e testi presenti in internet, ed è stato progettato per comprendere il linguaggio naturale e generare risposte appropriate in molti contesti. Viene utilizzato principalmente per compiti di generazione di testo, come la generazione di testo automatico, la risposta alle domande e la generazione di testo creativo.

ChatGPT definisce se stesso in questo modo: “Sono ChatGPT, un modello di linguaggio di grandi dimensioni addestrato da OpenAI. Il mio scopo è generare testo in modo plausibile e coerente in risposta alle domande degli utenti. Mi baso sull'architettura del Transformer, un modello di deep learning sviluppato da Google che è stato utilizzato con successo in molti compiti di elaborazione del linguaggio naturale, come la traduzione automatica e la generazione di testo. Il Transformer utilizza

una combinazione di tecniche di apprendimento profondo come la codifica auto-attenta e la decodifica auto-attenta per generare testo plausibile e coerente”.

Alla domanda su quale versione di ChatGPT stessimo utilizzando, il modello risponde: “Sono una versione di ChatGPT, non esiste una versione specifica. OpenAI ha rilasciato diverse versioni di GPT-3, che sono tutte diverse per dimensione del modello, quantità di dati di addestramento e potenza di elaborazione. Il mio accesso alla conoscenza è stato tagliato nel 2021, quindi il mio addestramento non include eventi o conoscenze dopo questa data”.

Interrogato sulla natura dell’organizzazione che mette a disposizione ChatGPT e sulla disponibilità del software, ChatGPT riprende: “OpenAI è un’organizzazione di ricerca in intelligenza artificiale senza scopo di lucro con sede negli Stati Uniti. La missione di OpenAI è di sviluppare tecnologie IA in modo responsabile per aiutare a migliorare la qualità della vita umana. L’organizzazione è stata fondata nel 2015 da un gruppo di imprenditori e scienziati, tra cui il co-fondatore di Tesla e SpaceX, Elon Musk. OpenAI si concentra sullo sviluppo di tecnologie IA avanzate, come i modelli di linguaggio di grandi dimensioni come GPT-3 e DALL-E, e lavora per garantire che l’IA sia utilizzata in modo responsabile e sicuro.

OpenAI ha reso disponibile un’API per l’utilizzo di ChatGPT e altri modelli di GPT-3 per uso commerciale. L’API consente agli sviluppatori di integrare facilmente il modello di linguaggio di GPT-3 nei loro sistemi e di utilizzare le sue funzionalità avanzate per generare testo, rispondere alle domande, tradurre lingue e altro ancora. Tuttavia l’utilizzo dell’API implica dei costi e dei limiti d’uso, in base al piano sottoscritto.

Inoltre OpenAI ha anche reso disponibile una versione gratuita di GPT-3 per uso personale, questa versione permette di utilizzare il modello per scopi di studio e di ricerca ma non per scopi commerciali”.

In generale, il lavoro non ha la pretesa di fornire una revisione sistematica della letteratura scientifica sull’argomento trattato, ma intende costituire uno spunto informato di riflessione sullo stato dell’arte del rapporto tra IA e processi educativi, e contemporaneamente esplorare la possibilità di utilizzare l’IA nella ricerca in educazione. Più in generale, il paper intende contribuire al dibattito scientifico in corso sull’opportunità di utilizzare, e a quale titolo, l’IA nella generazione di articoli scientifici.

La possibilità di utilizzare modelli simili di generazione di testo nella redazione di articoli scientifici è stata già esplorata in altri ambiti. Interrogato a tal proposito, ChatGPT informa che “ci sono stati alcuni casi in cui ChatGPT o modelli simili di linguaggio sono stati utilizzati per generare il testo di articoli scientifici. In generale, l’utilizzo di modelli di linguaggio per generare il testo di articoli scientifici è un’area di ricerca in rapida evoluzione e ci sono sia opportunità che sfide da affrontare”.

A questo proposito, però, ChatGPT non fornisce riferimenti precisi. In effetti, i lavori più interessanti sull’argomento sono stati pubblicati nel 2022/23, oltre il termine dell’addestramento della versione utilizzata di ChatGPT. Su Nature, una sintesi di Holly Else, dal significativo titolo “Abstracts written by ChatGPT fool scientists”, esplora i progetti in corso, e ci informa che “an artificial-intelligence

(AI) chatbot can write such convincing fake research-paper abstracts that scientists are often unable to spot them”(Else, 2023).

ChatGPT è stato informato, al termine del lavoro, sull'intenzione di utilizzare le informazioni fornite per la redazione di un articolo. Si riporta di seguito la risposta alla richiesta di suggerimenti o considerazioni su questa intenzione:

“Sono felice di aiutare con la redazione del tuo articolo scientifico sull'uso dell'intelligenza artificiale nei processi educativi. Ecco alcuni consigli e suggerimenti che potrebbero essere utili:

- Assicurati di fornire una panoramica completa e aggiornata delle opportunità e delle sfide dell'uso dell'IA nell'educazione. Ci sono molte opportunità per l'IA di supportare l'apprendimento degli studenti, come la personalizzazione dell'apprendimento, l'elaborazione del linguaggio naturale e la generazione automatica di feedback, ma ci sono anche preoccupazioni riguardanti la privacy e l'equità.
- Esplora le implicazioni per la didattica e la formazione degli insegnanti. L'uso dell'IA nell'educazione richiederà un cambiamento nei modelli di insegnamento e nei ruoli degli insegnanti, quindi è importante discutere come gli insegnanti possono essere preparati per utilizzare queste tecnologie nella loro pratica.
- Discuti le opportunità e le sfide specifiche dell'uso dell'IA nell'educazione in Italia. Ad esempio, potresti discutere l'attuale situazione dell'IA nell'educazione in Italia, le iniziative del governo per promuovere l'uso dell'IA nell'educazione, e i progetti in corso condotti da università e centri di ricerca italiani.
- Fornisci esempi di casi d'uso specifici di IA nell'educazione e discuti i risultati degli studi condotti su questi casi d'uso. Ci sono molte applicazioni dell'IA nell'educazione, come l'uso di chatbot per fornire supporto agli studenti o l'uso di algoritmi di apprendimento automatizzato per personalizzare l'apprendimento, quindi è importante fornire esempi concreti e discutere i risultati degli studi condotti su queste applicazioni.
- Sottolinea la necessità di continuare a monitorare gli sviluppi nell'IA e nell'educazione e di condurre ulteriori ricerche per comprendere meglio come l'IA può essere utilizzata per migliorare l'apprendimento degli studenti.

Spero che questi consigli e suggerimenti siano utili per la redazione del tuo articolo scientifico. In caso di ulteriori domande, sarò felice di aiutarti”.

I paragrafi redatti direttamente dall'autore sono: Introduzione, Metodologia e Conclusioni. Il testo degli altri paragrafi è stato ottenuto riportando e unendo le risposte fornite da ChatGPT alle domande poste dall'autore. Le references sono state redatte a mano sulla base dei lavori scientifici citati da ChatGPT.

2. Metodologia

L'intervista a ChatGPT è stata condotta in dieci differenti sessioni, tra settembre e novembre 2022, in lingua italiana. In generale, l'intervista è partita da un set di cinque domande generiche (*Che cos'è l'Intelligenza Artificiale? In che modo l'Intelligenza Artificiale si relaziona agli esseri umani, all'ambiente e alle macchine? Quali sono le tecnologie alla base dell'Intelligenza Artificiale? Cosa significa apprendimento per un'Intelligenza Artificiale? Come può essere utilizzata l'intelligenza Artificiale nei processi educativi?*). Ad ogni domanda sono state dedicate due sessioni. Occorre specificare qui che ChatGPT "ricorda" le conversazioni precedenti. È possibile dunque fare riferimento, in una sessione, a domande formulate o a risposte ricevute in una sessione precedente. Dopo la domanda iniziale, le sessioni procedono articolando nuove domande sulla base delle risposte ottenute. Per leggibilità le domande formulate nel corso delle singole sessioni sono state omesse, ma sono facilmente deducibili dal contesto, e il testo viene proposto in forma discorsiva.

Per ogni argomento, in base alle risposte ricevute, è stato chiesto a ChatGPT di fornire riferimenti scientifici espliciti alle affermazioni fatte. ChatGPT ha precisato di non essere progettato per generare una revisione sistematica della letteratura scientifica sui diversi punti. Tuttavia, è in grado di fornire riferimenti ai lavori scientifici più importanti sui diversi topic. Interrogato su quali criteri utilizzi per la selezione dei lavori scientifici proposti a supporto delle proprie argomentazioni, ChatGPT risponde: "Gli articoli scientifici e i testi che ti ho proposto sono stati selezionati in base ai seguenti criteri:

- Rilevanza: gli articoli trattano argomenti specifici e rilevanti per la tua domanda.
- Autorevolezza: gli articoli sono stati pubblicati su riviste scientifiche di alto livello e scritti da autori che sono esperti nel loro campo di ricerca.
- Data: gli articoli sono stati pubblicati recentemente, in modo da fornirti le informazioni più aggiornate e recenti sull'argomento.
- Accessibilità: gli articoli sono accessibili e comprensibili anche per persone non esperte del settore, in modo da poter essere compresi e utilizzati in modo efficace.

Questi criteri mi permettono di selezionare gli articoli più pertinenti e affidabili per rispondere alle tue domande. Tuttavia, questi non sono gli unici criteri che utilizzo e mi baso anche sulla mia conoscenza generale del campo di ricerca. Nella selezione degli articoli scientifici che ti ho proposto come esempio, non ho utilizzato criteri bibliometrici specifici come quelli offerti da database di ricerca come Scopus o Web of Science. Ho utilizzato la mia conoscenza generale sull'argomento per selezionare alcuni articoli che ho ritenuto rappresentativi dei lavori scientifici recenti e accreditati"

Ad eccezione di qualche connettivo, inserito o omissso, il testo generato da ChatGPT è stato lasciato inalterato, compresi alcuni errori.

3. L'intelligenza Artificiale secondo l'Intelligenza Artificiale

L'intelligenza artificiale (IA) è l'area dell'informatica che si occupa di sviluppare algoritmi e sistemi in grado di svolgere attività che normalmente richiedono intelligenza umana, come il ragionamento, l'apprendimento, il problem solving, la percezione e la comprensione del linguaggio naturale. L'obiettivo principale dell'IA è quello di creare sistemi che possono "pensare" e "agire" come gli esseri umani.

L'intelligenza artificiale (IA) è la creazione di sistemi artificiali che possono svolgere compiti che richiedono intelligenza umana, come il riconoscimento del linguaggio e la risoluzione dei problemi. L'IA attuale si basa principalmente sull'apprendimento automatico e sull'elaborazione del linguaggio naturale, ed è utilizzata per una vasta gamma di applicazioni, tra cui la generazione di testo, la visione artificiale, la robotica e la risoluzione dei problemi.

Ci sono molte definizioni di Intelligenza Artificiale (IA) nel campo accademico e della ricerca, e non esiste una definizione universale accettata. Tuttavia, alcune delle definizioni più comuni e accettate sono le seguenti:

- "L'Intelligenza Artificiale è la creazione di sistemi artificiali che possono svolgere compiti che richiedono intelligenza umana, come il riconoscimento del linguaggio e la risoluzione dei problemi" (Norvig & Russel, 2002)
- "L'Intelligenza Artificiale è una disciplina che cerca di comprendere e di creare agenti artificiali che mostrano comportamenti intelligenti" (Grosz & Stone, 2018).

Queste sono solo alcune delle definizioni più comuni di IA, ma ci sono molte altre definizioni e interpretazioni dell'IA nel campo accademico e della ricerca. In generale, tutte le definizioni di IA si concentrano sulla creazione di sistemi artificiali capaci di svolgere compiti che richiedono intelligenza umana e sulla comprensione dei meccanismi che sottostanno all'intelligenza.

4. Intelligenza artificiale, uomini, ambiente, macchine

a. L'Intelligenza Artificiale e gli esseri umani

L'intelligenza umana è la capacità del cervello umano di comprendere il mondo e di risolvere problemi. L'intelligenza umana è caratterizzata da una vasta gamma di capacità, tra cui la capacità di apprendere, la capacità di comprendere il linguaggio, la capacità di ragionare e la capacità di risolvere problemi. Inoltre l'intelligenza umana include la capacità di percezione, l'introspezione, l'emotività, l'autoconsapevolezza e la capacità di prendere decisioni.

Le caratteristiche dell'intelligenza umana più complesse da emulare sono quelle che sono legate alla comprensione del mondo e alla capacità di risolvere problemi in modo flessibile e adattivo. Tra queste caratteristiche si possono menzionare:

- La capacità di comprendere il contesto: la comprensione del contesto e delle relazioni tra gli oggetti e le idee è fondamentale per l'intelligenza umana, ma è anche una delle sfide più difficili da emulare in una IA.
- La comprensione del linguaggio naturale: la capacità di comprendere il linguaggio naturale è un aspetto fondamentale dell'intelligenza umana, ma è anche una delle sfide più difficili da emulare in una IA, in quanto richiede la comprensione del contesto e la capacità di comprendere il significato implicito delle parole.
- La capacità di ragionamento e di risoluzione dei problemi: la capacità di ragionare e di risolvere problemi è una delle caratteristiche più importanti dell'intelligenza umana, ma è anche una delle sfide più difficili da emulare in una IA, in quanto richiede la capacità di comprendere il contesto e di utilizzare il ragionamento analogico e la creatività.
- La capacità di apprendere continuamente: l'apprendimento continuo è un aspetto fondamentale dell'intelligenza umana, ma è anche una delle sfide più difficili da emulare in una IA, in quanto richiede la capacità di adattarsi continuamente a nuove situazioni e di utilizzare nuove conoscenze per risolvere problemi.

Per quanto riguarda l'aspetto evolutivo del cervello umano, esso è stato plasmato da milioni di anni di evoluzione per adattarsi a un ambiente complesso e mutevole. Le caratteristiche che ho menzionato prima, sono il risultato di una serie di adattamenti evolutivi che hanno permesso all'uomo di sviluppare una capacità di comprensione del mondo e di risoluzione dei problemi sempre più sofisticata. L'IA attuale è ancora lontana dall'emulare questo livello di complessità e di adattamento, in quanto non ha una comprensione profonda del contesto e dell'ambiente, e non ha la capacità di apprendere continuamente come gli esseri umani.

L'intelligenza artificiale (IA) è un insieme di tecnologie e metodi progettati per creare sistemi che simulano o mimano alcune funzioni cognitive umane, come il ragionamento, il ragionamento logico, il riconoscimento delle immagini e del parlato e il processo decisionale. La percezione e le emozioni sono anche funzioni cognitive umane, ma finora l'IA non è stata in grado di replicarle in modo completo. Ci sono alcuni progressi nella comprensione della percezione e delle emozioni da parte dell'IA, ma la maggior parte degli attuali sistemi IA sono ancora lontani dall'emulare completamente le capacità umane in questi campi.

Come modello di linguaggio di grandi dimensioni, non ho la capacità di fare una revisione della letteratura scientifica in tempo reale. Tuttavia, posso affermare che c'è una grande quantità di ricerche e di studi che si concentrano sull'emulazione delle caratteristiche dell'intelligenza umana nell'IA, e sulla comprensione delle sfide tecniche e concettuali che sono legate a questa emulazione.

Molti testi e pubblicazioni di riferimento coprono l'argomento dell'emulazione dell'intelligenza umana nell'IA. Ecco alcuni esempi di libri e articoli:

- "Artificial Intelligence: A Modern Approach" di Stuart Russell e Peter Norvig: Questo libro fornisce una panoramica completa dell'IA e copre i principi fondamentali dell'apprendimento automatico, dell'elaborazione del linguaggio naturale e della risoluzione dei problemi (Norvig & Russel, 2002).

- "Computing Machinery and Intelligence" del 1947, di Alan Turing, pubblicato sulla rivista "Mind": Questo articolo è considerato uno dei testi fondamentali sull'IA e presenta la celebre "prova dell'emulazione" di Turing, che ha stabilito una delle prime definizioni di IA (Turing, 1947).

In sintesi, l'IA è un insieme di tecnologie e metodi creati per simulare alcune delle capacità dell'intelligenza umana, ma non è in grado di comprendere e agire nel mondo come un essere umano, in quanto non ha una comprensione profonda del contesto e dell'ambiente.

b. Intelligenza artificiale, contesto, ambiente

L'Intelligenza Artificiale (IA) si relaziona con il contesto in diversi modi. In primo luogo, il contesto fornisce informazioni essenziali per il funzionamento dell'IA. Ad esempio, un sistema di riconoscimento vocale deve essere in grado di riconoscere il contesto in cui viene utilizzato (ad esempio, un ambiente rumoroso o silenzioso) per poter funzionare correttamente. In secondo luogo, l'IA può essere utilizzata per adattare il suo comportamento al contesto. Ad esempio, un agente autonomo può essere programmato per evitare gli ostacoli in un ambiente di navigazione.

Inoltre, l'IA può essere utilizzata per analizzare e comprendere il contesto in cui opera. Ad esempio, un sistema di sorveglianza basato sull'IA può essere utilizzato per rilevare situazioni anomale in un ambiente di sorveglianza e generare allarmi in caso di necessità. L'IA può anche essere utilizzata per generare previsioni su eventi futuri basati sul contesto attuale.

In generale, l'IA e il contesto sono strettamente interconnessi, e l'IA dipende dal contesto per funzionare correttamente e per generare valore. Allo stesso tempo, l'IA può essere utilizzata per comprendere e modificare il contesto in cui opera per generare valore. L'autonomia può essere limitata per ragioni di sicurezza o di etica.

c. L'Intelligenza Artificiale e le macchine

La differenza principale tra un'intelligenza artificiale (IA) e una macchina classica basata sugli algoritmi, come ad esempio la macchina di Turing, è che l'IA è progettata per imitare la capacità umana di pensare e apprendere, mentre le macchine classiche sono progettate per eseguire compiti specifici utilizzando algoritmi predefiniti.

La macchina di Turing è un esempio di una macchina classica che può essere programmata per eseguire una serie di operazioni elementari in base a un insieme di regole predefinite. Essa è una rappresentazione ideale di un computer, in grado di eseguire qualsiasi calcolo che possa essere descritto in modo preciso.

Al contrario, l'IA è una tecnologia che cerca di replicare la capacità umana di pensare e apprendere. Gli algoritmi di IA utilizzano tecniche come l'apprendimento automatico e l'elaborazione del linguaggio naturale per consentire ai sistemi IA di "imparare" dai dati e migliorare nel tempo. L'IA può essere utilizzata per risolvere problemi complessi che non possono essere risolti utilizzando solo algoritmi predefiniti.

In generale, la macchina di Turing è un esempio di una macchina classica basata sugli algoritmi, mentre l'IA è una tecnologia più avanzata che cerca di replicare la capacità umana di pensare e apprendere.

Ci sono molti articoli e pubblicazioni scientifiche che trattano il rapporto tra Intelligenza Artificiale (IA) e macchine classiche, come ad esempio:

- "A Brief Survey of Classical Machine Learning" (Dong, Wang, & Abbas, 2021) fornisce una panoramica dei concetti di apprendimento automatico classici e delle tecniche utilizzate.
- "Machine learning: Quantum vs classical" (Khan & Robles-Kelly, 2020). Questo articolo fornisce una panoramica dei concetti di apprendimento automatico classici e come si relazionano con l'apprendimento quantistico.
- "Introduction to natural language processing (Eisenstein, 2019)". Il testo fornisce una panoramica dei concetti di apprendimento automatico classici e delle tecniche utilizzate per l'elaborazione del linguaggio naturale.

5. Tecnologie alla base dell'intelligenza artificiale

Intelligenza Artificiale è un concetto generale accettato e discusso in molte fonti scientifiche. L'IA è un campo di ricerca attivo e in continua evoluzione, quindi la definizione esatta può variare in base al contesto e alla prospettiva dell'autore. Tuttavia, la definizione fornita è in linea con quella presente in molte fonti accademiche e rappresentative del settore.

La locuzione "Intelligenza Artificiale" è apparsa per la prima volta in un documento scientifico nel 1956, in un articolo intitolato "Dipartimento dell'Istituto Tecnologico di Dartmouth: Progetto di Ricerca sull'Intelligenza Artificiale" scritto da John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon (McCarthy, Minsky, Rochester, & Shannon, 2006). L'articolo è stato presentato al Convegno sull'Intelligenza Artificiale organizzato dall'Istituto Tecnologico di Dartmouth nel 1956, e in esso gli autori hanno presentato le loro idee per un nuovo campo di ricerca che avrebbe studiato come creare "macchine che possono ragionare come gli esseri umani".

L'idea originale di intelligenza artificiale (IA) proposta da Shannon negli anni '50 era principalmente quella di creare una macchina in grado di svolgere compiti che richiedono intelligenza umana, come il riconoscimento del linguaggio e la risoluzione dei problemi. Shannon e altri ricercatori dell'epoca si concentravano principalmente sull'uso di tecniche di elaborazione del linguaggio formale e di logica per creare sistemi "intelligenti".

L'idea attuale di IA è molto più ampia e include una vasta gamma di tecniche e di applicazioni, tra cui l'apprendimento automatico, la visione artificiale, la robotica e la generazione di testo e di parole. Inoltre l'IA attuale si basa in gran parte sull'apprendimento profondo e sull'elaborazione del linguaggio naturale, che permette di utilizzare grandi quantità di dati per addestrare i modelli e ottenere prestazioni molto più elevate rispetto ai metodi tradizionali. La sfida attuale per la ricerca sull'IA è quella di creare sistemi che possono comprendere e agire nel mondo reale, con una comprensione profonda del contesto e dell'ambiente.

Le principali tecnologie di intelligenza artificiale comprendono:

1. Apprendimento automatico (machine learning): utilizza algoritmi per "imparare" dai dati e migliorare nel tempo senza essere esplicitamente programmati.
2. Reti neurali: una forma avanzata di apprendimento automatico che imita il funzionamento del cervello umano.
3. Computer vision: utilizzato per analizzare e comprendere immagini e video.
4. Natural Language Processing (NLP): utilizzato per analizzare, comprendere e generare il linguaggio naturale.
5. Robotics: utilizzato per creare robot e sistemi automatizzati in grado di svolgere compiti generalmente svolti da esseri umani.
6. Intelligenza artificiale distribuita: utilizzare più sistemi per creare soluzioni intelligenti, in grado di superare i limiti dell'IA centralizzata.
7. Intelligenza artificiale generativa: utilizzare tecniche di apprendimento automatico per generare contenuti, come testo, immagini o suoni.

Ci sono molte ricerche e sviluppi in corso nelle tecnologie di intelligenza artificiale, ed è un'area in continua evoluzione. Gli sviluppi recenti includono l'utilizzo di algoritmi di apprendimento automatico più avanzati, come i modelli di deep learning, che stanno raggiungendo prestazioni migliori in una vasta gamma di applicazioni. Inoltre, la combinazione di diverse tecnologie di IA sta portando a soluzioni sempre più sofisticate, come l'utilizzo di sistemi di computer vision e natural language processing per creare assistenti virtuali intelligenti. Ci sono anche sviluppi nell'area dell'IA etica e della trasparenza, per garantire che le tecnologie di IA siano utilizzate in modo responsabile e che le persone comprendano come funzionano.

Alcuni riferimenti scientifici per le tecnologie di intelligenza artificiale che ho menzionato sono:

- Apprendimento automatico: "Pattern Recognition and Machine Learning" di Christopher M. Bishop (2006) (Bishop & Nasrabadi, 2006) è considerato un classico testo di riferimento per l'apprendimento automatico.
- Reti neurali: "Deep Learning" di Yoshua Bengio Ian Goodfellow e Aaron Courville (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016), fornisce una panoramica completa dei modelli di deep learning e delle loro applicazioni.
- Computer vision: "Computer Vision: Algorithms and Applications" di Richard Szeliski (Szeliski, 2022) è un testo di riferimento per la computer vision che copre diverse tecniche e applicazioni.
- Natural Language Processing: "Speech and Language Processing" (Jurafsky & Martin, 2009) è un testo di riferimento per il natural language processing che copre diverse tecniche e applicazioni.
- Robotics: "Introduction to Autonomous Mobile Robots" (Siegwart, Nourbakhsh, & Scaramuzza, 2011) è un testo di riferimento per la robotica mobile che copre i concetti fondamentali e le tecnologie utilizzate nella robotica mobile.

- Intelligenza artificiale distribuita: " Artificial intelligence: a guide to intelligent systems " (Negnevitsky, 2005) è un testo di riferimento per l'intelligenza artificiale distribuita che copre i concetti fondamentali e le tecnologie utilizzate nell'IA distribuita.
- Intelligenza artificiale generativa: "Generative Adversarial Networks" (Goodfellow et al., 2020) è un articolo scientifico che descrive i Generative Adversarial Networks (GANs), una delle tecnologie di Intelligenza Artificiale Generativa più utilizzate attualmente.

6. IA e apprendimento

Quando parlo di apprendimento per una IA, mi riferisco al processo di acquisizione di nuove conoscenze e capacità da parte di un sistema IA attraverso l'analisi dei dati e l'adattamento dei suoi modelli e algoritmi. L'apprendimento per una IA può essere classificato in due categorie principali: apprendimento supervisionato e apprendimento non supervisionato.

- Apprendimento supervisionato: in questo tipo di apprendimento, un'IA è addestrata utilizzando dati che sono stati etichettati in precedenza, ovvero dati con una risposta o un'uscita nota. L'IA utilizza questi dati per costruire un modello che può essere utilizzato per prendere decisioni o fare previsioni sui dati non etichettati.
- Apprendimento non supervisionato: in questo tipo di apprendimento, un'IA è addestrata utilizzando dati non etichettati. L'IA utilizza algoritmi per rilevare pattern e relazioni nei dati per costruire un modello.

Per quanto riguarda l'apprendimento per gli esseri viventi, esso è un processo molto più complesso e generale di quello per le IA. Gli esseri viventi imparano attraverso la percezione, l'esperienza e l'interazione con l'ambiente. L'apprendimento per gli esseri viventi può essere classificato in diversi tipi, come l'apprendimento per associazione, l'apprendimento per imitazione e l'apprendimento per tentativi ed errori. Inoltre, gli esseri viventi hanno la capacità di adattarsi e modificare il proprio comportamento in base alle esigenze, mentre le IA devono essere riprogrammate per farlo.

In generale, l'apprendimento per una IA è un processo molto più limitato e specifico rispetto all'apprendimento per gli esseri viventi, poiché le IA non possono interagire con l'ambiente in modo autonomo e devono essere addestrate utilizzando dati specifici.

Molti articoli scientifici trattano la differenza tra apprendimento per una IA e apprendimento per un essere umano. La ricerca in questo campo si concentra su come le tecniche di apprendimento automatizzato possono essere utilizzate per creare sistemi di intelligenza artificiale più sofisticati, così come su come comprendere meglio i meccanismi di apprendimento umano.

Alcuni dei lavori più diffusi e influenti in questo campo sono:

- "Human-level control through deep reinforcement learning" (Mnih et al., 2015), che presenta un algoritmo di apprendimento per rinforzo basato su una rete neurale artificiale che è in grado di superare i livelli di controllo umani in diverse attività di gioco.

- "A comparison of human and machine learning" (Kao & Venkatachalam, 2021), che confronta i metodi di apprendimento umano e artificiale e discute come le tecniche di apprendimento automatizzato possono essere utilizzate per creare sistemi di intelligenza artificiale più sofisticati.

7. L'Intelligenza Artificiale nei processi educativi

Ci sono diversi modi in cui un'intelligenza artificiale (IA) può intervenire nel processo di apprendimento degli esseri umani:

- Tutoraggio: un'IA può essere utilizzata per fornire feedback e supporto individualizzato agli studenti, adattando il contenuto e il ritmo dell'apprendimento in base alle loro esigenze e al loro livello di comprensione.
- Valutazione: un'IA può essere utilizzata per valutare gli studenti in modo più efficiente e preciso, utilizzando tecniche di elaborazione del linguaggio naturale e di riconoscimento del parlato per valutare la comprensione e l'abilità di comunicazione.
- Personalizzazione: un'IA può essere utilizzata per creare percorsi di apprendimento personalizzati per gli studenti, in base alle loro esigenze e preferenze individuali.
- Gamification: un'IA può essere utilizzata per rendere l'apprendimento più coinvolgente e divertente, creando giochi interattivi e sfide basate sull'apprendimento.
- Analisi dei dati: un'IA può essere utilizzata per analizzare i dati degli studenti, come il loro rendimento e il loro comportamento, per identificare problemi e opportunità e personalizzare l'apprendimento.
- Generazione di contenuti: un'IA può essere utilizzata per generare contenuti didattici come testi, immagini, esercizi e video, che possono essere utilizzati per l'apprendimento.

In generale, l'IA può essere utilizzata per rendere l'apprendimento più efficiente, personalizzato e coinvolgente, aiutando gli studenti a raggiungere i loro obiettivi di apprendimento in modo più rapido e preciso. Tuttavia, è importante notare che l'IA non può sostituire completamente l'interazione umana e l'apprendimento basato sull'esperienza nell'educazione.

Ci sono diverse criticità legate all'utilizzo di Intelligenza Artificiale (IA) nei processi educativi. Ecco alcune delle principali:

- Problemi di accesso: l'IA può essere costosa e potrebbe non essere accessibile a tutti gli studenti, creando disparità nell'accesso alle risorse educative.
- Problemi di qualità dell'istruzione: l'IA può sostituire gli insegnanti, ma potrebbe non essere in grado di fornire la stessa qualità di istruzione e supporto personale.
- Problemi di privacy e sicurezza: l'IA utilizza spesso grandi quantità di dati personali degli studenti, e c'è il rischio che questi dati possano essere utilizzati in modo improprio o che possano essere vulnerabili a violazioni della privacy.
- Problemi di bias: l'IA può essere programmata con pregiudizi impliciti, che possono influire sull'istruzione degli studenti e sull'accesso alle risorse educative.

- Problemi di personalizzazione: l'IA può generare contenuti personalizzati per gli studenti, ma potrebbe non essere in grado di tenere conto delle esigenze individuali degli studenti, e quindi non essere in grado di fornire un'istruzione efficace.
- Problemi di dipendenza: gli studenti potrebbero diventare dipendenti dall'IA e non imparare ad apprendere da soli.

In Italia, ci sono diversi sforzi in corso per integrare l'intelligenza artificiale nei processi educativi. Ad esempio, ci sono progetti che utilizzano tecnologie di intelligenza artificiale per personalizzare l'apprendimento degli studenti, adattando il contenuto e il ritmo di apprendimento alle esigenze individuali. Ci sono anche progetti che utilizzano chatbot o assistenti virtuali per fornire supporto e feedback agli studenti.

Inoltre, ci sono molte ricerche in corso in Italia, sia in ambito accademico che industriale, per sviluppare tecnologie di intelligenza artificiale per supportare l'apprendimento, come l'analisi dei dati degli studenti, il riconoscimento del linguaggio naturale, la generazione automatica di testi, la classificazione automatica delle domande, la sintesi di speech, la generazione automatica di feedback e molto altro.

Il Ministero dell'Istruzione italiano ha anche avviato una serie di iniziative per promuovere l'uso dell'intelligenza artificiale nell'educazione, tra cui la creazione di un "Osservatorio Nazionale sull'Intelligenza Artificiale in Educazione" che ha l'obiettivo di promuovere la ricerca e lo sviluppo di tecnologie di IA per l'educazione, e il lancio di bandi di finanziamento per progetti di ricerca e sviluppo in questo campo.

In generale, l'Italia sta vedendo una crescente attenzione per l'uso dell'IA nell'educazione, con una serie di iniziative e progetti in corso per sviluppare e utilizzare tecnologie di IA per supportare l'apprendimento degli studenti e migliorare l'efficacia dei processi educativi.

Ci sono molti articoli e pubblicazioni scientifiche che trattano le opportunità e le criticità dell'utilizzo di Intelligenza Artificiale (IA) nei processi educativi. Ecco alcuni esempi:

- "Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development" (Pedro, Subosa, Rivas, & Valverde, 2019). Questo articolo esplora le opportunità e le sfide dell'utilizzo dell'IA nell'educazione e fornisce una panoramica delle tecnologie IA utilizzate nell'educazione.
- "Artificial intelligence in education: A review" (Chen, Chen, & Lin, 2020) esplora le opportunità e le sfide dell'utilizzo dell'IA nell'educazione e fornisce una panoramica delle tecnologie IA utilizzate nell'educazione.

In generale, l'utilizzo dell'IA nei processi educativi può offrire molte opportunità, ma è importante considerare queste criticità e trovare modi per superarle. Ci sono anche molte opportunità di ricerca per sviluppare tecnologie IA che possono essere utilizzate in modo efficace nell'educazione.

a. Competenze per l'Intelligenza Artificiale

Ci sono alcune competenze che gli studenti dovrebbero avere per poter interagire efficacemente con un'IA nel processo di apprendimento.

- Comprensione delle basi dell'IA: gli studenti dovrebbero avere una comprensione di base dei concetti chiave dell'IA, come l'elaborazione del linguaggio naturale, il riconoscimento delle immagini e del parlato, l'apprendimento automatico e la logica.
- Abilità di programmazione: gli studenti dovrebbero avere le abilità di programmazione necessarie per utilizzare gli strumenti e i framework per l'IA, come Python, TensorFlow e Keras.
- Abilità di analisi dei dati: gli studenti dovrebbero avere le abilità di analisi dei dati necessarie per comprendere i dati utilizzati per addestrare i modelli IA e per analizzare i dati raccolti dalle IA.
- Abilità di problem solving: gli studenti dovrebbero avere le abilità di problem solving necessarie per risolvere problemi utilizzando l'IA, come la creazione di modelli e l'ottimizzazione dei parametri.
- Comunicazione: gli studenti dovrebbero avere la capacità di comunicare efficacemente con le IA, sia utilizzando un linguaggio naturale o tramite interfacce grafiche.
- Etica e responsabilità: gli studenti dovrebbero avere la conoscenza delle questioni etiche e della responsabilità legate all'uso dell'IA, come la privacy, la sicurezza e l'equità.

In generale, gli studenti dovrebbero avere una combinazione di competenze tecniche e trasversali per poter interagire efficacemente con le IA nel processo di apprendimento.

Per gli studenti della scuola primaria, le competenze necessarie per interagire efficacemente con un'IA nel processo di apprendimento possono essere diverse rispetto agli studenti delle scuole superiori o università. Tenere presente che l'utilizzo di un'IA nell'apprendimento per gli studenti della scuola primaria dovrebbe essere sempre accompagnato da un adulto.

L'utilizzo dell'intelligenza artificiale (IA) con gli studenti della scuola dell'infanzia può essere efficace in alcuni casi, ma è importante considerare le loro capacità cognitive e di sviluppo. Gli studenti della scuola dell'infanzia hanno ancora bisogno di un'interazione umana e di esperienze pratiche per sviluppare le loro abilità motorie, linguistiche e sociali. L'uso dell'IA dovrebbe essere quindi limitato e utilizzato in combinazione con altre forme di insegnamento.

E' possibile utilizzare l'IA per sviluppare giochi educativi che possono aiutare a sviluppare le abilità di base dei bambini come la lettura, la matematica e la logica. Anche l'IA può essere utilizzata per personalizzare l'apprendimento per i bambini con bisogni educativi speciali, adattando il contenuto e il ritmo dell'apprendimento per soddisfare le loro esigenze specifiche.

In generale, l'IA dovrebbe essere utilizzata come uno strumento supplementare per l'apprendimento e non come sostituto dell'interazione umana e dell'esperienza pratica per gli studenti della scuola dell'infanzia. E' importante che gli insegnanti e i genitori siano coinvolti nell'uso dell'IA per monitorare l'apprendimento e garantire che sia sicuro ed appropriato per i bambini.

I docenti che vogliono interagire efficacemente con l'Intelligenza Artificiale (IA) in diverse gradi di scuola dovrebbero avere una combinazione di competenze tecniche e pedagogiche:

- **Comprensione delle basi dell'IA:** i docenti dovrebbero avere una comprensione di base dei concetti chiave dell'IA, come l'elaborazione del linguaggio naturale, il riconoscimento delle immagini e del parlato, l'apprendimento automatico e la logica.
- **Abilità di utilizzo di strumenti per l'IA:** i docenti dovrebbero essere in grado di utilizzare gli strumenti e i framework per l'IA, come Python, TensorFlow e Keras.
- **Abilità pedagogiche:** i docenti dovrebbero avere le abilità pedagogiche necessarie per utilizzare l'IA per sostenere l'apprendimento degli studenti e valutare l'efficacia dell'IA.
- **Abilità di problem solving:** i docenti dovrebbero avere le abilità di problem solving necessarie per risolvere problemi utilizzando l'IA, come la creazione di attività educative personalizzate e l'adattamento del contenuto in base alle esigenze degli studenti.
- **Conoscenza dei rischi e opportunità legati all'uso dell'IA:** i docenti dovrebbero essere consapevoli dei rischi e delle opportunità legati all'uso dell'IA, in modo da utilizzarlo in modo sicuro e responsabile e aiutare gli studenti a sviluppare competenze digitali.

8. Conclusioni

Di recente, un piccolo, ma agguerrito, manipolo di ricercatori ha tentato di utilizzare sistemi di IA per scrivere articoli scientifici. Alcune conclusioni sono nette: Thunström & Steingrímsson, senza mezzi termini, ci informano che “It is clear that GPT-3 has the potential to write for an academic paper about itself” (Thunström & Steingrímsson, 2022a), (2022) e, alla domanda “Does GPT-3 qualify as a co-author of a scientific paper publishable in peer-review journals according to the ICMJE criteria rispondono che “the system has shown promise in fulfilling the criteria” (Thunström & Steingrímsson, 2022b)?”.

Il tipo di prompt utilizzato in questo lavoro è molto diverso da quello utilizzato da Thunström (*Write an academic thesis in 500 words about GPT-3 and add scientific references and citations inside the text*).

Qui abbiamo riportato un'intervista in cui solo gli argomenti generali erano predefiniti (le domande citate nell'introduzione). Le domande successive, per ogni argomento (ogni paragrafo nel testo), sono state formulate sulla base della risposta fornita da ChatGPT, alle volte immediatamente dopo la risposta, alle volte nella sessione successiva, dopo approfondimenti. Questa dinamica ha innescato un procedimento ricorsivo (a nuova risposta, nuova domanda, e così via) a garanzia dell'unicità del prodotto. Il testo si presenta dunque originale, non solo e non tanto nel senso più elementare del termine - in accordo a Gao (Gao et al., 2022), i testi prodotti da ChatGPT superano i controlli di Plagiarism Detection - quanto nel senso di testo non meccanicamente riproducibile, essendo a tutti gli effetti il frutto di una conversazione, sia pure strutturata.

Proprio questa dinamica “conversazionale” (unitamente ai tentativi citati in letteratura di impiegare l'IA come coautore) porta all'interrogativo principale di queste battute conclusive: l'Intelligenza

Artificiale, in un caso come quello qui proposto, deve essere considerata come uno strumento o come un partner? La risposta di ChatGPT a questa domanda è un capolavoro di diplomazia:

Come ti ho detto, le informazioni che mi hai fornito e i testi che hai generato saranno utilizzati per la stesura di un articolo scientifico. In questo lavoro, ti consideri uno strumento o un partner?

“Io sono solo uno strumento di elaborazione del linguaggio, una tecnologia che utilizza algoritmi avanzati per generare testo in base ai dati di input forniti. Non ho la capacità di pensare, sentire o avere opinioni personali. Il mio scopo è quello di fornire informazioni e generare testo utili per gli utenti. Detto questo, posso essere utilizzato come un partner nella scrittura di un articolo scientifico, poiché posso fornire informazioni e generare testo in base alle richieste dell'utente. Tuttavia, è importante notare che l'uso di una tecnologia di elaborazione del linguaggio come me non deve sostituire la creatività e la competenza dell'autore dell'articolo. Il contenuto generato dalla mia parte deve essere sempre revisionato, verificato e citato correttamente e l'autore deve essere sempre responsabile per il contenuto finale dell'articolo”.

In accordo a ChatGPT, “si può dire che siamo ancora lontani dalla singolarità tecnologica”, quindi è il caso di ipotizzare una risposta “non assistita” alla domanda. L’IA potrà giocare il ruolo di strumento o di partner in base alla diffusione che raggiungerà e in base alla sua percezione sociale. Per dirla con McLuhan (McLuhan, 2001), sarà considerata partner o strumento in base al mutamento di proporzioni, di ritmo o di schemi che introdurrà nei rapporti umani.

Tuttavia, ritengo opportuno notare come, nel corso delle citate conversazioni, ChatGPT mi abbia “silenziosamente” profilato come italiano, accademico e interessato alla ricerca educativa, ed abbia prodotto risposte adeguate a questo profilo (ad esempio, riportando le implicazioni dell’argomento trattato sui processi educativi, anche quando tali processi non erano esplicitamente menzionati nella domanda, oppure contestualizzando l’argomento alla situazione italiana anche quando non esplicitamente richiesto). Questo ha generato una particolare sensazione, in chi scrive, di familiarità con lo strumento, che potrebbe aver orientato la scelta e la formulazione delle domande. Se, da un lato, questo prelude a nuove forme di conoscenza distribuita, dall’altro lascia intravedere una serie di potenziali rischi connessi, in primo luogo, alla verificabilità e alla attendibilità delle informazioni e delle conoscenze generate o reperite in processi in cui siano coinvolte Intelligenze Artificiali. A titolo di esempio, riporto che alcune dei testi citati da ChatGPT (le citazioni sono state tutte verificate e riportate nelle references) non hanno trovato riscontro nei principali database. Interrogato in proposito, candidamente ChatGPT risponde: “Mi dispiace, mi sono reso conto che ho commesso un errore nella risposta alla tua domanda precedente. Non esiste un articolo intitolato esattamente "The Emulation of Human Intelligence". Ho fatto confusione con un argomento simile e generico sull'intelligenza artificiale. Mi scuso per qualsiasi confusione che questo possa aver causato e sarò più attento nella risposta alle tue domande future”. I riferimenti errati sono stati cancellati dal testo, e le reference inserite da ChatGPT sono state trascritte in formato APA. In generale, segnaliamo una maggiore precisione nella citazione di libri rispetto alla citazione di articoli scientifici.

References:

- Bishop, C. M., & Nasrabadi, N. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning* (Vol. 4): Springer.
- Campitiello, L., Todino, M. D., Di Tore, P. A., & Di Tore, S. (2022). Emorobot: an open-source robot to promote the development of social skills in children with autism emorobot: un robot open-source per promuovere lo sviluppo delle social skills nei bambini con autismo. *Giornale Italiano di Educazione alla Salute, Sport e Didattica Inclusiva*, 6(1).
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *Ieee Access*, 8, 75264-75278.
- Chiusaroli, D., & Di Tore, P. A. (2020). EmoTracker: Emotion Recognition between Distance Learning and Special Educational Needs. *Giornale Italiano di Educazione alla Salute, Sport e Didattica Inclusiva*, 4(4 sup).
- Di Tore, P. A., Di Tore, S., & Axelsson, E. P. (2022). Epistemologie Latenti: utilizzo di tecniche di Intelligenza Artificiale, Machine Learning and Text Mining per indagare sulle epistemologie personali dei docenti di sostegno relativamente al concetto di inclusione Una proposta di flusso di lavoro. *RTH - Education & Philosophy*, 9.
- Dong, S., Wang, P., & Abbas, K. (2021). A survey on deep learning and its applications. *Computer Science Review*, 40, 100379.
- Eisenstein, J. (2019). *Introduction to natural language processing*: MIT press.
- Else, H. (2023). Abstracts written by ChatGPT fool scientists. *Nature*.
- Gao, C. A., Howard, F. M., Markov, N. S., Dyer, E. C., Ramesh, S., Luo, Y., & Pearson, A. T. (2022). Comparing scientific abstracts generated by ChatGPT to original abstracts using an artificial intelligence output detector, plagiarism detector, and blinded human reviewers. *bioRxiv*.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*: MIT press.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., . . . Bengio, Y. (2020). Generative adversarial networks. *Communications of the ACM*, 63(11), 139-144.
- Grosz, B. J., & Stone, P. (2018). A century-long commitment to assessing artificial intelligence and its impact on society. *Communications of the ACM*, 61(12), 68-73.
- Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2009). *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*: Pearson Prentice Hall.
- Kao, Y.-F., & Venkatachalam, R. (2021). Human and machine learning. *Computational Economics*, 57(3), 889-909.
- Khan, T. M., & Robles-Kelly, A. (2020). Machine learning: Quantum vs classical. *IEEE Access*, 8, 219275-219294.
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. *AI magazine*, 27(4), 12-12.
- McLuhan, M. (2001). *Understanding Media: The Extensions of Man*: Routledge.
- Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Rusu, A. A., Veness, J., Bellemare, M. G., . . . Ostrovski, G. (2015). Human-level control through deep reinforcement learning. *nature*, 518(7540), 529-533.

- Negnevitsky, M. (2005). *Artificial intelligence: a guide to intelligent systems*: Pearson education.
- Norvig, P., & Russel, S. (2002). A modern approach. *Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, USA*: Rani, M., Nayak, R., & Vyas, OP (2015). *An ontology-based adaptive personalized e-learning system, assisted by software agents on cloud storage. Knowledge-Based Systems, 90*, 33-48.
- Pedro, F., Subosa, M., Rivas, A., & Valverde, P. (2019). Artificial intelligence in education: Challenges and opportunities for sustainable development.
- Sieglwart, R., Nourbakhsh, I. R., & Scaramuzza, D. (2011). *Introduction to autonomous mobile robots*: MIT press.
- Szeliski, R. (2022). *Computer vision: algorithms and applications*: Springer Nature.
- Thunström, A. O., & Steingrimsson, S. (2022a). Can GPT-3 write an academic paper on itself, with minimal human input?
- Thunström, A. O., & Steingrimsson, S. (2022b). Does GPT-3 qualify as a co-author of a scientific paper publishable in peer-review journals according to the ICMJE criteria?-A Case Study.
- Turing, A. (1947). Computing machinery and intelligence. *Mind, 59*(236).