

Artificial Intelligence Literacy, che cos'è e come promuoverla. Dall'analisi della letteratura ad una proposta di Framework.

Stefano Cuomo*, University of Florence, Florence, Italy, cuomo.stefano@gmail.com

Gabriele Biagini, University of Florence, Florence, Italy, gabriele.biagini@unifi.it

Maria Ranieri, University of Florence, Florence, Italy, maria.ranieri@unifi.it

* corresponding author

This article has been accepted for publication and undergone full peer review but has not been through the copyediting, typesetting, pagination and proofreading process, which may lead to differences between this version and the Version of Record.

Please cite this article as: Cuomo, S., Biagini, G., Ranieri, M. (2022). Artificial Intelligence Literacy, che cos'è e come promuoverla. Dall'analisi della letteratura ad una proposta di Framework. **Just Accepted**. DOI: 10.36253/me-13374

Abstract

Il presente lavoro propone una riflessione critica sui temi relativi all'Intelligenza Artificiale (IA) e sui processi di alfabetizzazione relativi alla promozione di Artificial Intelligence Literacy (AI Literacy). Lo studio si apre con una ricognizione introduttiva di carattere storico-teorico sulla natura, l'uso e la conoscenza dell'IA, per soffermarsi successivamente sulla letteratura relativa al tema dell'AI Literacy, ovvero alla questione delle competenze relative all'uso efficace, critico e consapevole dell'IA e ai relativi percorsi di formazione volti a favorire la consapevolezza concettuale dei meccanismi che sottostanno alla IA ed alle loro implicazioni. Il lavoro si basa sull'esame di 35 articoli pertinenti al tema, selezionati sulla base di criteri espliciti di inclusione ed esclusione, e con un focus su come il concetto di AI Literacy viene definito e anche articolato nella pratica educativa. La sintesi dei lavori ha condotto alla formulazione di una prima ipotesi di Framework, gettando le basi per una riflessione pedagogicamente significativa per lo sviluppo di questa competenza.

Parole chiave: Intelligenza Artificiale (IA), Artificial Intelligence (AI) Literacy, Educazione, Etica

1. Introduzione

Nonostante il termine "Intelligenza Artificiale" (IA) sia tra più attualmente citati in ogni contesto, la sua definizione non è univoca né in senso puramente terminologico né in senso concettuale. Una delle definizioni più ampie ed esaustive è quella fornita dall'Associazione Italiana di Intelligenza

Artificiale, che nel suo statuto definisce l'IA come “quella disciplina che studia i fondamenti teorici, le metodologie e le tecniche che permettono di concepire, progettare, realizzare, sperimentare ed utilizzare sistemi artificiali (hardware e software) sia con l'obiettivo di ottenere prestazioni ritenute caratteristiche dell'intelligenza (umana) sia con l'obiettivo di fornire modelli computazionali di processi cognitivi” (citato in Lesmo, 1991, p. 421). Questa definizione recepisce gli elementi essenziali di una storia relativamente lunga che ha visto impegnati, dagli anni Sessanta in poi, studiosi e scienziati di ambito disciplinare diverso, nel tentativo di misurare la capacità di simulare, generare, riprodurre l'intelligenza umana per via artificiale. In merito all'invenzione del termine e alla determinazione dell'IA come “campo autonomo di ricerca” ricorre, storicamente, il nome di John McCarthy il quale coniò questa espressione nel 1955, lanciandola in occasione di un seminario da lui organizzato con 10 specialisti sulla teoria degli automi, delle reti neurali e intelligenza, presso il Dartmouth College di Hanover New Hampshire, USA, nel 1956 (Riguzzi, 2006). Sempre in nota preliminare, vale la pena accennare al contrasto che si venne a creare, alla fine degli anni Settanta, tra il paradigma “forte” e quello “debole” dell'IA, dove per IA “debole” si intende una macchina le cui funzioni sono indistinguibili da quelle di un umano ma pur sempre basata su di una programmazione algoritmica, mentre nella IA “forte” la macchina presenta abilità cognitive e, in linea teorica, potrebbe evolversi senza un intervento umano (Searle, 1984). Da un'altra prospettiva, questa divisione accentua, nel primo caso, il carattere interdisciplinare dell'intelligenza artificiale, legando il raggiungimento di risultati ad una base informatica, su cui si sviluppa un'interazione tra scienze quali la psicologia, la linguistica, la filosofia, le scienze cognitive. In sostanza, da questo punto di vista, si tratta di simulare il comportamento umano, riproducendone artificialmente i meccanismi di ragionamento. Nel secondo caso, invece, è l'informatica ad avere la netta prevalenza, non con lo scopo di emulare tale comportamento ma sviluppando meccanismi di ragionamento simili a quelli umani fino a sviluppare capacità coscienti e senzienti (Searle, 1984). In altri termini, non si tratta più di comprendere la mente umana e di riprodurla, ma di costruire dei sistemi di calcolo che producano

delle reazioni analoghe a quelle che ci si aspetterebbe da un essere umano (McCarty, 2007), essendo da queste indistinguibili.

È indubbio che, dal punto di vista delle esigenze applicative, i prodotti di IA che hanno avuto più successo sono stati quelli dell'IA "debole", perché più facilmente valutabili in termini di risposta, di percentuali di successo e di accettabilità pratica. Esistono, però, classi di problemi per i quali la soluzione puramente algoritmica non è nota, i quali possono essere più agevolmente affrontati con un approccio che, con tutte le cautele del caso, si sviluppi nell'ottica di una visione "forte" dell'IA. Si è pervenuti, quindi, gradualmente all'apprendimento automatico (*machine learning*) che tende a sostituire il classico meccanismo di programmazione, in cui è compito dell'essere umano specificare nel dettaglio come il calcolatore debba reagire in determinate situazioni. Tale approccio si sta dimostrando particolarmente efficace nell'elaborazione del linguaggio naturale (umano), sfruttando sia le teorie degli studiosi di linguistica sia tenendo conto dei risultati ottenuti nell'ambito della filosofia del linguaggio, senza dimenticare le scienze cognitive e dell'apprendimento (Zawaki-Richter, Marin, Bond & Gouverneur, 2019).

Mentre negli anni passati le elevate potenze di calcolo necessarie al funzionamento dell'IA ne limitavano lo sviluppo alle grandi aziende di informatica, la sempre crescente disponibilità del cloud computing permette anche a piccole realtà lo sviluppo autonomo di nuove applicazioni che, negli ultimi tempi, sono diventate sempre più numerose ed efficienti ma anche pervasive. Vivere, o forse convivere, con tale tecnologia sempre più parte integrante delle nostre esistenze implica, quindi, la necessità di sviluppare competenze digitali in misura sempre più ampia per consentire, da una parte, lo sviluppo di solide competenze di base per l'accesso alle professioni (Bawden, 2008), ma anche per poter comprendere appieno le implicazioni sociali, etiche ed economiche, determinate dalla pervasività della tecnologia, basti pensare all'enorme quantità di dati personali che in ogni momento, ed in maniera principalmente inconsapevole, rilasciamo nel cyberspazio (Panciroli et al., 2020). Con queste premesse, appare chiaro come l'Artificial Intelligence literacy (*AI Literacy*) sia sempre più

determinante (Long & Magerko, 2020; Sabouret, 2021) per evitare il "divario e l'esclusione digitale" tra i membri della società ed i problemi di disuguaglianza ad esso legati che possono sollevare a loro volta questioni di ordine ideologico e politico-sociale (Selwyn, 2004). Seguendo la letteratura specialistica, infatti, la richiesta di competenze nel dominio dell'IA è diventata ormai stringente in quanto funzionale allo svolgimento di ruoli critici in varie discipline e settori (Ng et al., 2021; Touretzky et al., 2019), ma anche per quanto concerne la discrezionalità etica ed equilibrata dell'uso di IA (Robinson, 2020; Rodríguez-García et al., 2020).

L'esigenza di una pratica didattica dell'IA (Steinbauer et al., 2021) si colloca in un ambito di grande complessità, in quanto richiede elevate competenze tecnologiche e pedagogiche. Infatti, promuovere l'*AI Literacy* non consiste solo nell'"insegnare ad insegnare con l'aiuto della macchina", bensì nell'insegnare a comunicare con la macchina, abilitarne l'uso, ma anche nel comprendere perché e su quali meccanismi tecnologici, la macchina comunica; ovvero si tratta di conoscere "sia le basi teoriche e tecnologiche, sia il volto culturale e sociale dei nuovi media" (Ciotti & Roncaglia, 2008, p. VII). Pur consapevoli della difficoltà del compito, in questo contributo ci proponiamo di avviare una riflessione sui nuovi ambiti della digital literacy, che ormai inevitabilmente tocca anche i temi dell'IA, della datafication e della crescente algoritmizzazione delle nostre società (Rivoltella, 2022).

2. Background

Come abbiamo accennato nel paragrafo precedente, le applicazioni di IA si fanno sempre più numerose e pervasive ed il loro carattere, intrinsecamente "mimetico" del comportamento umano, fa sì che per l'utente medio, ma anche per lo specialista, non sia agevole distinguere il confine fra le proprie abilità cognitive e quelle offerte da una applicazione di IA. Per esemplificare questo concetto si pensi a quante persone utilizzano correntemente i vari "navigatori" per spostarsi anche nelle città in cui abitano o lavorano oppure, interagendo con un assistente remoto, siano in grado di distinguere se si tratti di una persona o di una applicazione particolarmente evoluta di "chat-bot".

Anche senza prospettare scenari futuristici, gli aspetti sopra citati possono facilmente creare problemi di carattere etico (Mockander, 2022). È infatti necessario sottolineare che le applicazioni di IA, e soprattutto quelle legate all'apprendimento automatico, sono tanto più efficaci quanto più ampia è la base di dati di cui possono alimentarsi, dati che, spesso inconsapevolmente, sono forniti dagli utenti stessi delle applicazioni. Anche nel caso ottimale in cui una IA sia progettata in un modo corretto, i dati di cui si alimenta possono essere soggetti ad un *bias* che può favorire una evoluzione involontaria dell'applicazione verso pregiudizi politici o razziali, un abuso di diritti di accesso a notizie Internet, o una divulgazione di notizie false. D'altro canto, l'utente a causa di queste polarizzazioni può facilmente sperimentare una confusione percettiva di mondi verso una "realtà virtuale", ovvero esperienze di contatto con il cosiddetto "metaverso".

Queste problematiche rendono particolarmente pressante il tema della alfabetizzazione all'IA e alle necessarie competenze. Definire il concetto di AI Literacy, tuttavia, non è affatto semplice per una pluralità di ragioni. In primo luogo, la difficoltà è generata dalla mancanza di una definizione univocamente condivisa del concetto stesso di IA, ossia dell'oggetto sul quale la literacy andrebbe esercitata: come abbiamo visto nel paragrafo introduttivo, esistono tradizioni di ricerca diverse nell'ambito dell'IA e interpretazioni più o meno forti dell'IA.

In secondo luogo, anche il concetto di literacy ha conosciuto una significativa evoluzione (Cappello, 2017; Ranieri, 2018, 2019), legata in particolare alla "svolta digitale" ("the digital turn", cfr. Mills, 2010). Più specificamente, a partire dalla seconda metà del secolo scorso, il dibattito sul concetto di literacy si è sviluppato attorno a due importanti scuole di pensiero che hanno definito tale concetto o come "insieme di abilità cognitive" o come "pratica sociale situata" (Street, 2003). Secondo la prima accezione, rientrano nella literacy abilità di carattere psicolinguistico, come ad esempio, la lettura, la scrittura e l'aritmetica (Ong, 1982). Una simile visione della literacy, basandosi su una visione funzionalista della società, presuppone che gli individui, entrando nei contesti istituzionali in cui viene insegnata la literacy, acquisiscano sia le capacità cognitive che un intero insieme di valori,

norme e comportamenti in grado di favorire l'inclusione, lo sviluppo e la mobilità sociale (Cappello, 2017). Alla fine degli anni '70, tuttavia, questo modello è entrato in crisi e si è fatta strada una nuova concezione della literacy, indagata dagli studiosi dei New Literacies Studies (NLS): in questa prospettiva, lungi dall'essere un'abilità psicologica indipendente e ideologicamente neutrale, la literacy si configura come "pratica situata", ossia come incorporata nelle specifiche condizioni contestuali in cui è definita, istituzionalizzata e praticata. In questa prospettiva, la literacy è considerata come un repertorio di pratiche mutevoli per comunicare in una varietà di contesti e come costruzioni di particolari gruppi sociali, piuttosto che come aspetto da ricondurre alla sola capacità cognitiva individuale. A partire dalla fine degli anni '90, il cambiamento più significativo è costituito dalla "svolta digitale", vale a dire la maggiore attenzione prestata alle nuove pratiche di literacy sviluppatasi negli ambienti digitali in una molteplicità di contesti sociali, come i luoghi di lavoro e la formazione, l'economia e il tempo libero (Gee, 2003; Lankshear & Knobel, 2003; Sefton-Green, 2007; Street, 2003). Siamo pertanto di fronte ad un ampliamento del concetto di literacy, che ha portato a parlare di new media literacies o anche di multiliteracies per riferirsi alla molteplicità delle forme comunicative contemporanee che richiedono la capacità di leggere e interpretare testi multimodali, basati sulla combinazione del linguaggio audio-visuale, gestuale, spaziale (Cope & Kalantzis, 2000; Kress, 2000). In sintesi, dagli anni '70 in poi abbiamo assistito ad un duplice ampliamento del concetto di literacy, il primo in senso socio-culturale teso a interpretare la literacy non più, o non solo, come abilità cognitiva individuale, ma come pratica sociale, il secondo in senso mediale-digitale, volto ad includere nella literacy non solo le pratiche di produzione testuale legate alla carta ma anche quelle prodotte sotto forma di testi multimodali.

3. Obiettivi dello studio e domande di ricerca

Nell'universo, ormai plurale, delle literacies, emergono nuovi bisogni formativi: lo sviluppo dell'IA e la sua pervasività generano nuove pratiche di interazione con gli ambienti digitali che sottintendono

o richiedono nuove abilità. Come in passato, la difficoltà è proprio quella di circoscrivere l'ambito delle nuove alfabetizzazioni per consentire interventi efficaci. Alla luce di ciò, l'obiettivo generale del presente lavoro, che deve comunque essere considerato come preliminare in un dominio in così rapida evoluzione, è quello di fornire un quadro del dibattito attuale sulle competenze associate al concetto di IA, sia in ottica definitoria che di sviluppo di percorsi curriculari, attraverso l'analisi della letteratura prodotta in questo ambito negli ultimi anni. Più analiticamente, le nostre domande di ricerca (DR) sono riconducibili alle seguenti:

- DR1. Come viene definito in letteratura il concetto di AI Literacy?
- DR2. Quali sono le competenze chiave da sviluppare in un percorso educativo efficace di *AI Literacy*?

Nel prosieguo, verranno dapprima illustrate le procedure di analisi della letteratura e verranno presentati i risultati individuati. Il lavoro si conclude con una discussione sulle prospettive di sviluppo della ricerca nel settore, con particolare riferimento ad alcune aree critiche che richiedono ancora una approfondita riflessione sia in termini concettuali che etico-sociali.

3. Metodi e strumenti

Allo scopo di rispondere alle domande di ricerca sopra illustrate, è stata condotta una *scoping review* (Grant & Booth, 2009), secondo il metodo PRISMA (Moher, 2009) in quanto, pur non essendo una revisione sistematica della letteratura, la *scoping review* ne condivide le caratteristiche di trasparenza, riproducibilità e sistematicità. La revisione è stata condotta nel periodo Gennaio-Maggio 2022, consultando i database Scopus, ERIC (Education Resources Information Center), IEEE e Ebsco.

Le parole chiave definite per la stringa di ricerca hanno incluso i termini "AI" OR "*Artificial Intelligence*" AND "*Literacy*" nel titolo, nell'abstract, nel testo principale o nelle parole chiave. La stringa di ricerca ha utilizzato gli operatori di ricerca booleani AND e OR e le parentesi per determinare l'ordine in cui eseguire i comandi. È stato indicato l'arco temporale ed è stato applicato

il vincolo linguistico per selezionare solo i contributi degli ultimi 10 anni, con riferimento alla sola lingua inglese. Una sintesi dei criteri di inclusione ed esclusione è riportata in Tabella 1.

Criteri di Inclusione	Criteri di Esclusione
Articoli sull'AI Literacy	Articoli tecnici (che descrivono lo sviluppo di software senza applicazioni nel campo dell'istruzione)
Lavori pubblicati previa peer-review	Articoli che trattano l'AI Literacy in specifici contesti professionali
Studi in lingua inglese	Articoli con focus esclusivo sull'Intelligenza Artificiale
Articoli di taglio empirico e atti di convegno	Articoli focalizzati sul coding
Studi sull'AI Literacy riferiti al contesto dell'istruzione	Articoli particolarmente focalizzati sulla digital literacy o data literacy

Tabella 1. Criteri di inclusione ed esclusione

Dopo la selezione degli articoli mediante esame di titolo e abstract, sono stati analizzati solamente gli articoli disponibili in forma completa da cui sono state estratte le informazioni utili. Anche le liste bibliografiche degli articoli selezionati sono state esaminate per trovare ulteriori articoli pertinenti, che però non hanno fornito contributi ulteriori alla selezione iniziale. Come illustrato nel PRISMA flowchart (Fig. 1), la ricerca ha prodotto 68 risultati per la fase di screening. Dopo aver escluso i duplicati (7) e gli studi poco rilevanti (26), sono stati individuati in totale 35 articoli pertinenti.

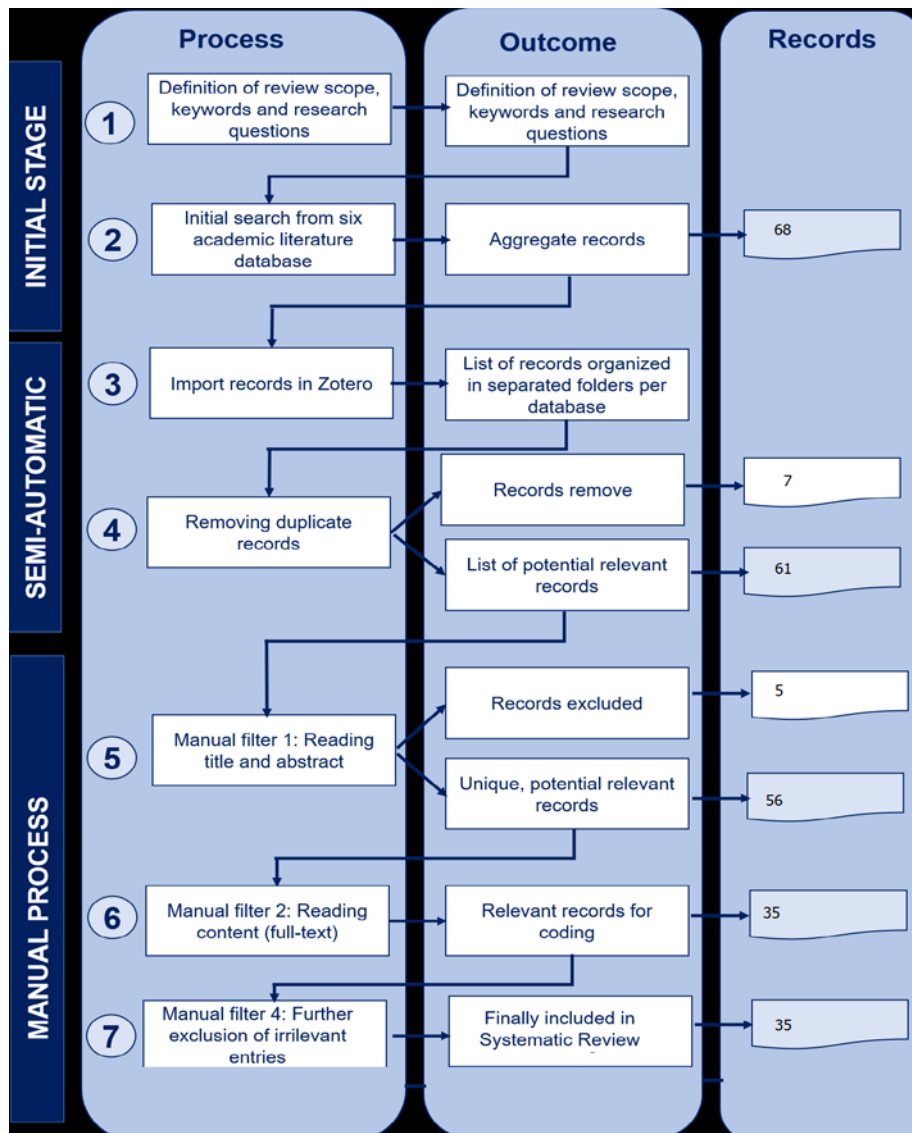


Figura 1. Prisma Flowchart.

Successivamente, gli articoli selezionati sono stati esaminati e discussi, utilizzando un approccio misto, basato sulla combinazione di analisi bibliometrica (di natura quantitativa) e analisi tematica (di natura qualitativa) con riferimento alla definizione del concetto di AI Literacy e ai percorsi formativi per l'AI Literacy. Per l'aspetto bibliometrico, si è proceduto applicando l'analisi della co-occorrenza (Van Eck & Waltman, 2007) delle 100 parole chiave maggiormente frequenti nei 35 documenti individuati. Questo risultato è stato ottenuto costruendo un dataset contenente l'intero corpus degli articoli selezionati grazie ad uno script realizzato dagli autori. In seguito, attraverso l'uso di tecniche di Natural Language Processing (NLP), appositamente sviluppate dagli autori, il dataset

è stato ripulito dalle parole non utili ai fini dell'analisi (pronomi, preposizioni, congiunzioni). Infine, su tale dataset è stata condotta l'analisi bibliometrica. La tabella 2 riporta il dettaglio dei passaggi effettuati. Per evitare cluster non informativi, la soglia di presenza è stata di 60 menzioni. La co-occorrenza delle parole chiave presuppone che le *keyword* nello stesso contesto abbiano strette relazioni semantiche, consentendo la scoperta di termini chiave e la loro composizione di comunità. Nell'osservazione delle reti complesse, si dice che una rete abbia una struttura di comunità se i nodi della rete possono essere facilmente raggruppati in insiemi di nodi in modo tale che ogni insieme di nodi sia densamente connesso internamente (Fortunato, 2010) Abbiamo utilizzato questo approccio per comprendere i concetti chiave e le terminologie nelle definizioni di AI Literacy. I dati sono stati quindi visualizzati in VOSviewer per rilevare le comunità correlate (Fig. 2). VOSviewer è un programma sviluppato per costruire e visualizzare nel dettaglio mappe bibliometriche. VOSviewer può, ad esempio, essere utilizzato per costruire mappe di autori o riviste basate su dati di co-citazione o per costruire mappe di parole chiave basate su dati di co-occorrenza. Nel nostro caso, questo approccio è stato utilizzato per individuare i concetti chiave e le terminologie (nelle definizioni di AI Literacy) degli articoli esaminati (Van Eck & Waltman, 2010). La rete di co-occorrenza contiene ancora informazioni ricche nella sua struttura topologica (come argomenti costituiti da un gruppo di nodi prossimi e relazioni tra questi argomenti). Tali informazioni diventano più significative quando la scala dei dati aumenta.

Step	Descrizione	Parole processate
1	Parole recuperate dall'interno degli articoli	45.745
2	Stemming delle parole per unire termini simili (ad es., AI Literacy e AI Literacies)	43.390
3	Eliminazione delle parole poco significative per l'analisi (es pronomi, congiunzioni, preposizioni)	27.187

Tabella 2. Dettaglio dei passaggi di preparazione del dataset.

4. Risultati

4.1 Informazioni generali e risultati dell'analisi bibliometrica

Dei 35 studi selezionati per l'analisi, come descritto nella sezione precedente, la stragrande maggioranza, ossia 24, è stata pubblicata nell'arco temporale di soli due anni, ossia dal 2020 al 2022, mentre la parte rimanente, 11 articoli, si concentra nel restante periodo 2016-2019. Si rileva, pertanto, un interesse crescente proprio negli ultimi due anni, segno di una trasformazione che sta investendo in misura sempre più significativa i bisogni formativi in termini di alfabetizzazione. Per quanto riguarda la collocazione geografica, i Paesi che hanno visto il numero maggiore di pubblicazioni sono: Stati Uniti (16), Cina (9), Hong Kong (4), Spagna (3) e Austria (3).

Per quanto riguarda l'analisi bibliometrica delle co-occorrenze, come evidenzia la Fig. 2, emergono 4 quattro aree di interesse (rappresentate rispettivamente dai colori rosso, verde, giallo e blu) riconducibili alla 1) definizione di AI Literacy e dei temi ad essa connessa (rosso) insieme a cluster specifici 2) per gli aspetti tecnici relativi ai dati, ai modelli, ai meccanismi ed ai processi di *machine learning* (giallo), 3) per gli aspetti etici di fiducia, trasparenza, rischi ed implicazioni per la società (blu) e, infine, 4) elementi riferibili alle competenze da includere nei curricula finalizzati alla promozione di AI Literacy (verde). Questa mappatura tematica verrà approfondita nei paragrafi successivi, i quali documentano gli esiti dell'analisi tematica di carattere qualitativo, per rispondere alle domande di ricerca.

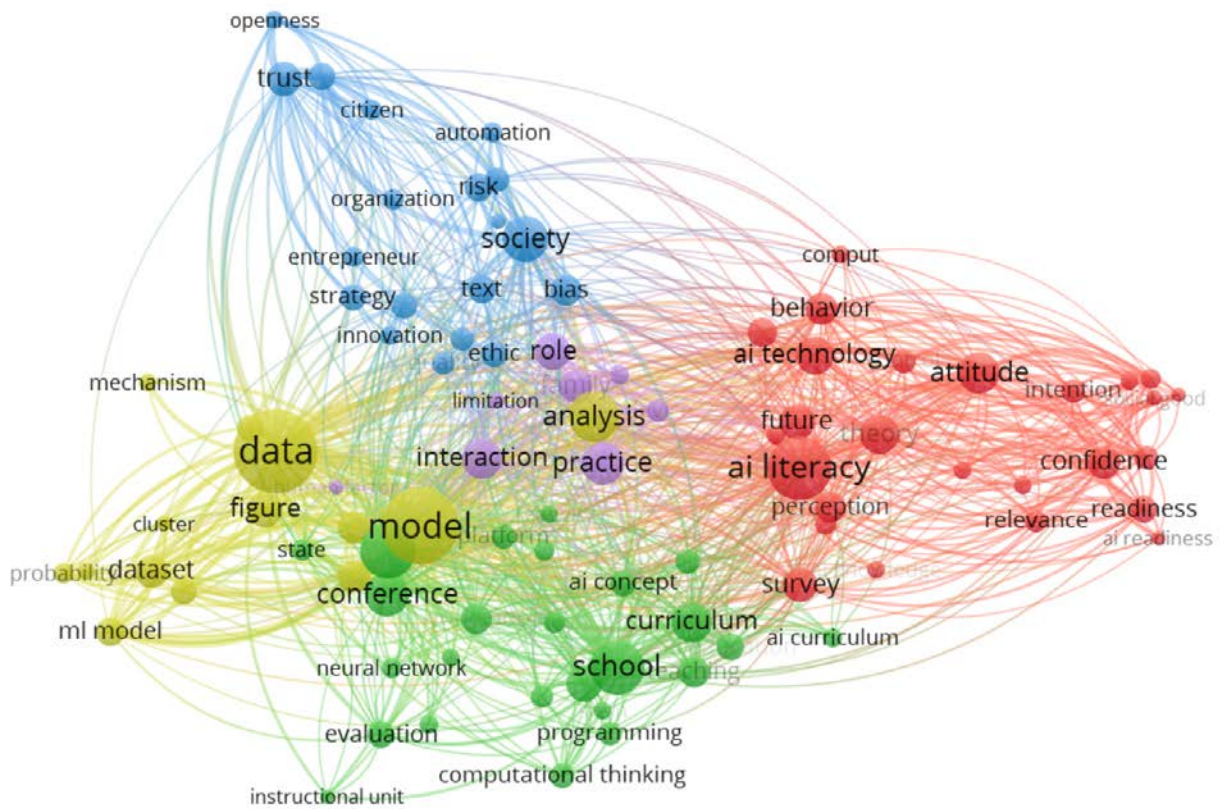


Figura 2. VOSviewer map of keyword co-occurrence

4.2. Definizioni associate al concetto di AI Literacy

Negli articoli analizzati, l'espressione AI Literacy viene proposta per la prima volta nel 2016 da Burgsteiner e colleghi (2016) e da Kandlhofer e colleghi (2016), e si trova definita come “la capacità di comprendere le conoscenze e i concetti di fondo delle tecnologie su cui si basa l'intelligenza artificiale” (Kandlhofer et al., 2016). Muovendo da questa definizione, altri autori aggiungono che l'AI Literacy raggruppa un insieme di competenze che consentono di comunicare e collaborare efficacemente e in modo critico con le tecnologie di IA (Long & Magerko, 2020), sottolineando la natura etica di tali interazioni. Inoltre, Ng e colleghi (2021) hanno aggiunto l'AI Literacy all'elenco delle nuove literacy medial e digitali necessarie per vivere nel XXI secolo.

La tabella seguente riassume le definizioni di AI Literacy presenti negli articoli consultati (Tabella 3).

Fonti	Definizioni di <i>AI Literacy</i>	Occorrenze esemplificative di articoli basati sulla definizione riportata
Kandlhofer et al. (2016)	Consente alle persone di comprendere le tecniche e i concetti alla base di prodotti e servizi fondati sull'intelligenza artificiale, piuttosto che di limitarsi semplicemente ad usare determinate tecnologie o applicazioni di intelligenza artificiale.	(Ferrari et al., 2020; How & Hung, 2019; Marques et al., 2020; Tahiru, 2021; Touretzky et al., 2019; Wong & Dillenbourg, 2020; Yang, 2022)
Aoun (2017)	Consiste nella capacità di realizzare e utilizzare l'intelligenza artificiale, comprendendone i concetti e gli usi.	
Druga et al. (2019); Rodríguez-García et al. (2020)	Può essere definita come la conoscenza e la comprensione delle funzioni di base dell'intelligenza artificiale e come la capacità di utilizzare in modo eticamente adeguato le applicazioni dell'intelligenza artificiale nella vita di tutti i giorni.	(Long et al., 2019; Vazhayil et al., 2019; Wan et al., 2020; Yang, 2022)
Long & Magerko (2020)	Corrisponde ad un insieme di capacità che consentono alle persone di valutare criticamente le tecnologie derivate dall'intelligenza artificiale; consiste nella capacità di comunicare e collaborare in modo efficace con l'intelligenza artificiale, e di usare in modo appropriato l'intelligenza artificiale online, a casa e sul posto di lavoro.	(Cetindamar et al., 2022; Lin et al., 2021; Zhanget al., 2022)
(Kim et al., 2021)	Comprende le seguenti tre competenze: AI Knowledge, AI Skill e AI Attitude. Non sono classificabili in ordine di priorità in quanto il pari sviluppo di tutte e tre le competenze è necessario per raggiungere l'AI Literacy	
Kong et al. (2021)	Include tre componenti: 1) concetti di intelligenza artificiale, 2) uso dei concetti di intelligenza artificiale, 3) valutazione e uso dei concetti di intelligenza artificiale per comprendere il mondo reale attraverso un approccio basato sul problem solving. Si aggiunge anche la capacità di proteggere con successo le informazioni personali e la capacità di realizzare socialmente il proprio obiettivo utilizzando in modo appropriato l'IA.	(Yi, 2021)
Ng et al. (2021)	Include, in accordo alla tassonomia di Bloom, i seguenti elementi essenziali: conoscere e comprendere l'intelligenza artificiale, utilizzare l'intelligenza artificiale, valutare e creare l'intelligenza artificiale, a cui	(Lee et al., 2021; Su et al., 2022; Su & Zhong, 2022)

	si aggiunge, anche se non completamente sviluppato, l'approccio etico all'utilizzo dell'intelligenza artificiale.	
Yi (2021)	Riguarda la capacità di un individuo non solo di utilizzare l'intelligenza artificiale, ma anche di progettare la propria vita sulla base delle trasformazioni sociali sollecitate dalle tecnologie digitali. In altre parole, consiste nella capacità di sviluppare la propria soggettività nell'era dell'intelligenza artificiale.	

Tabella 3. Sintesi di alcuni esempi di definizioni di *AI Literacy*

Dall'analisi comparativa delle definizioni, emergono alcune dimensioni dominanti, che seguendo e riformulando l'articolazione proposta da Ng e colleghi (2021), possono essere ricondotte a quattro dimensioni: 1) dimensione conoscitiva (Conoscere e comprendere l'IA), 2) dimensione operativa (Usare ed Applicare l'IA), 3) dimensione critica (Valutare e creare IA) e 4) dimensione etica (Comprendere le implicazioni etiche dell'IA). Vediamo più specificamente.

Dimensione conoscitiva, ossia conoscere e comprendere l'intelligenza artificiale

La prima dimensione riguarda la comprensione delle idee fondamentali dell'IA, incentrandosi su concetti, abilità e atteggiamenti di base, che non richiedono conoscenze tecnologiche preliminari (Ng et al., 2021). Si sottolinea, ad esempio, che piuttosto che essere semplicemente utenti passivi delle applicazioni dell'IA, le persone andrebbero sollecitate a capirne i principi di funzionamento, anche in ragione delle tecnologie sottostanti (Burgsteiner et al., 2016; Kandlhofer et al., 2016), nell'ottica di facilitare l'avvicinamento agli strumenti di apprendimento basati sull'IA e con l'obiettivo di consentire un maggiore approfondimento dei problemi ad essa associati. Inoltre, seguendo Su & Zhong (2022), possiamo articolare più analiticamente le conoscenze in questo settore in riferimento ai seguenti aspetti: "Definizioni e tipi di IA", che si riferisce alla comprensione delle tipologie di intelligenze artificiali (i.e., debole/forte) e delle tecnologie su cui sono basate; "Dati e machine learning", che indica la comprensione delle basi concettuali del machine learning; "Applicazioni", che concerne la conoscenza dei vari domini applicativi dell'IA, come l'*artificial vision*, il riconoscimento vocale e la traduzione automatica.

Dimensione operativa, ossia usare e applicare l'intelligenza artificiale

Si passa quindi alla dimensione operativa che comprende l'applicazione dei concetti e delle applicazioni dell'IA nei diversi contesti (Drugá et al., 2019; Lee et al., 2021). A questo riguardo, si sottolinea anche l'importanza della progettazione e realizzazione di algoritmi per supportare la comprensione, da parte dei discenti, di come utilizzare le basi di conoscenza per la risoluzione dei problemi, l'elaborazione della semantica e la gestione dei dati non strutturati (Vazhayil et al., 2019). Sempre a questa dimensione si può ricondurre la capacità di "Utilizzare gli strumenti di intelligenza artificiale", ossia di risolvere i problemi utilizzando strumenti di intelligenza artificiale, e il "Pensiero computazionale e la programmazione", ossia la capacità di costruire semplici applicazioni di intelligenza artificiale, con l'obiettivo di sviluppare capacità di astrazione analitica e critica (Kim et al., 2021).

Dimensione critica, ossia valutare e creare intelligenza artificiale

L'intelligenza artificiale può essere un'alleata per coinvolgere gli studenti in attività cognitive, creative e di discernimento critico (Su & Zhong, 2022). Oltre a divulgare la conoscenza e l'uso dell'IA mediante concetti ed esemplificazioni pratiche, si sottolinea che l'AI Literacy include la capacità di comunicare e collaborare efficacemente con le tecnologie dell'IA, di valutarle criticamente e perfino di creare artefatti su questa basati (Long & Magerko, 2020). Inoltre, poiché l'IA svolge un ruolo importante nel processo decisionale quotidiano, la capacità di valutare criticamente l'impatto connesso all'uso di IA riveste un ruolo essenziale per una comprensione più approfondita di questo ambito tecnologico. Infatti, è fondamentale maturare la capacità di riconoscere sia gli effetti positivi che negativi dell'IA sulla società, favorendone quindi un utilizzo critico.

Dimensione etica, ossia usare in modo responsabile e consapevole l'intelligenza artificiale

Questa dimensione riguarda la capacità di porsi in modo consapevole e responsabile verso le tecnologie di intelligenza artificiale, assumendo una visione equilibrata nei riguardi delle delicate

questioni etiche sollevate dell'IA quali la possibilità di delegare ad una macchina, in tutto o in parte, le decisioni che impattano fortemente nella sfera personale dell'individuo, ad esempio per l'assegnazione di un posto di lavoro o l'individuazione di un percorso terapeutico. In particolar modo, con l'avanzare della diffusione della IA e della sua pervasività nella vita quotidiana vi è un'attenzione crescente verso quelle che vengono definite “*AI Ethics*”, ovvero l'insieme delle pratiche volte ad aumentare la consapevolezza dei rischi legati all'IA; nello specifico, viene richiamata l'attenzione sull'importanza di un'IA che sia trasparente nei suoi processi e che tenga conto di equità, responsabilità, privacy e sicurezza.

La seguente tabella (Tabella 4) documenta in forma sintetica la distribuzione delle dimensioni sopra considerate nei 35 articoli analizzati.

Dimensione	Definizione sintetica	Articoli
<i>Conoscitiva</i>	Conoscenza delle funzioni basilari della IA e delle sue applicazioni.	N=32
<i>Operativa</i>	Capacità di applicare le funzioni basilari della IA ed i suoi concetti in differenti contesti.	N=34
<i>Critica</i>	Abilità di critiche di valutazione della IA (ad es. valutare, prevedere, progettare) e applicazioni pratiche di intelligenza artificiale.	N=22
<i>Etica</i>	Importanza di una IA “ <i>Human centered</i> ” che tenga conto di equità, responsabilità, trasparenza, etica, privacy e sicurezza.	N=24

Tabella 4. Distribuzione delle dimensioni di AI Literacy negli articoli analizzati

Si può osservare come, mentre tutti (o quasi) gli articoli includono nella definizione di AI Literacy aspetti relativi alla dimensione conoscitiva e operativa, meno presenti sono gli aspetti relativi alla dimensione critica ed etica.

4.3 Promuovere l'AI Literacy: quali competenze considerare?

Per rispondere a questa domanda, abbiamo approfondito le dimensioni illustrate nel paragrafo precedente, operazionalizzando le diverse dimensioni. Il punto di partenza per questa operazione è

costituito dal lavoro di Ng e colleghi (2021), a sua volta basato sulla concettualizzazione di Long & Magerko (2020). la struttura proposta è costruita secondo le dimensioni suggerite dal lavoro di Ng e colleghi (2021) esplicitando, per ognuna di esse, quattro competenze (Tabella 5).

<i>Dimensione conoscitiva, ossia conoscere e comprendere l'IA</i>	<i>Dimensione operativa, ossia usare e applicare l'IA</i>	<i>Dimensione critica, ossia valutare e creare l'IA</i>	<i>Dimensione etica, ossia usare in modo responsabile e consapevole l'IA</i>
<i>Che cosa è l'IA e cosa è in grado di fare?</i>	<i>Come funziona l'intelligenza artificiale? Come applicare le sue funzioni basilari?</i>	<i>Come progetta l'IA e come si può valutare criticamente?</i>	<i>Come dovrebbe essere usata l'IA e come è percepita dalle persone?</i>
Esempi di articoli a supporto: Kandlhofer et al., 2016; Lin et al., 2021; Robinson, 2020; Rodríguez-García et al., 2020	Esempi di articoli a supporto: Druga et al., 2019; Julie et al., 2020; Kandlhofer et al., 2016; Kim et al., 2021; Vazhayil et al., 2019	Esempi di articoli a supporto: Ali et al., 2021; Druga et al., 2019; Han et al., 2018; How & Hung, 2019; Lee et al., 2021; Strauß, 2021b	Esempi di articoli a supporto: Chai et al., 2021; Druga et al., 2022; Gong et al., 2020; Strauß, 2021b; Zhang et al., 2022
Competenza 1			
(Riconoscimento dell'IA) Distinguere tra manufatti tecnologici che utilizzano o meno l'IA.	(Rappresentazione dei dati) Comprendere cos'è una rappresentazione dei dati, come si esegue correttamente, quali sono i vantaggi ed i rischi derivati dagli errori rappresentativi.	(Spiegabilità) Essere in grado di includere visualizzazioni grafiche, simulazioni, spiegazioni dei processi decisionali degli agenti o dimostrazioni interattive per aiutare gli utilizzatori a comprendere l'IA	(Etica) Identificare e descrivere diverse prospettive sulle questioni etiche chiave che circondano l'IA.
Competenza 2			
Competenza 2 (Capire l'intelligenza) Analizzare e discutere criticamente le caratteristiche che rendono un'entità "intelligente".	Competenza 2 (Decision-Making) Riconoscere e descrivere esempi di come i computer ragionano e prendono decisioni.	Competenza 2 (Promuovere la trasparenza) Promuovere la trasparenza in tutti gli aspetti della progettazione dell'IA. Ad esempio, migliorando la documentazione di un modello o incorporando	Competenza 2 (Azione e reazione) Comprendere che alcuni sistemi di intelligenza artificiale hanno la capacità di agire fisicamente sul mondo.

		del codice che renda l'IA spiegabile.	
Competenza 3			
(Interdisciplinarietà) Identificare una varietà di tecnologie che utilizzano l'IA, ad esempio sistemi cognitivi, robotica e machine learning e le loro applicazioni in differenti contesti.	(Passaggi ML) Comprendere i passaggi coinvolti nell'apprendimento automatico e le pratiche e le sfide che ogni passaggio comporta.	(Pensiero critico) Incoraggiare gli studenti a essere consumatori critici delle tecnologie di intelligenza artificiale mettendo in discussione la loro affidabilità e comprendendo il ruolo che gli esseri umani svolgono nella programmazione, nella scelta dei modelli e cosa questo comporta in termini di bias.	(Contestualizzazione dei dati) Incoraggiare gli studenti a indagare su chi ha creato il set di dati, come sono stati raccolti i dati quali sono i limiti del set di dati e le implicazioni in termini di bias.
Competenza 4			
(Tipologie di IA) Classificare e saper riconoscere le tipologie di IA e le relative applicazioni.	(Alfabetizzazione all'uso dei dati) Comprendere i concetti di base della data literacy: quindi leggere, capire, creare ed in generale conferire significato ai dati. Interpretarli correttamente e saper raccontare un fenomeno, selezionando in maniera opportuna le informazioni più rilevanti.	(Applicazioni pratiche) Sviluppare applicazioni (più o meno complesse) di IA.	(Disegnare una IA per il futuro) Immaginare le possibili applicazioni future dell'IA e considerare gli effetti di tali applicazioni sulla società.

Tabella 5. Proposta per un Framework delle competenze

5. Conclusioni

Lo sviluppo, la pervasività dell'IA, la sua applicazione sempre più massiccia in ogni campo costituiscono un fiume inarrestabile che porta importanti benefici, ma anche la necessità di attente

riflessioni ed un approccio critico sulle sue implicazioni sociali ed etiche. La necessità di una AI Literacy si fa sempre più stringente, laddove questa literacy non dovrebbe limitarsi a ricercare la sola conoscenza tecnica della IA, ma comprendere anche valutazioni su equità, correttezza e responsabilità nell'uso di queste tecnologie (cfr. Hagendorff, 2020; Jobin et al., 2019; Kong et al., 2021). In breve, l'AI Literacy deve articolarsi su dimensioni conoscitive ed operative, ma anche critiche ed etiche. Inoltre, per formare cittadini responsabili in un mondo ad alta densità tecnologica, appare fondamentale progettare e sviluppare progetti di alfabetizzazione all'IA (con le caratteristiche sopra indicate), favorendo la partecipazione del maggior numero di persone. L'ottica è quella proposta da Rivoltella (2017) che suggerisce di fare un uso "aggregante" delle tecnologie digitali per costruire una futura società "giusta" ed equilibrata. Per quanto la AI Literacy sia ancora in una fase iniziale, anche in relazione alle difficoltà di definire in maniera univoca non solo l'AI Literacy, ma l'Intelligenza Artificiale stessa, le evidenze della letteratura, soprattutto di quella più recente, forniscono chiare indicazioni per procedere alla costruzione di un framework che definisca le competenze necessarie. La definizione di tale Framework delle competenze costituisce quindi una feconda prospettiva di ricerca per il prossimo futuro.

Concludiamo con un riferimento al lavoro di Crawford (2021), il quale nel suo volume *Né intelligente né artificiale. Il lato oscuro dell'IA* presenta una prospettiva divergente rispetto all'opinione dominante. Pur non essendo questa la sede opportuna per l'analisi approfondita di un lavoro tanto complesso quanto stimolante un accenno ad un aneddoto in esso contenuto può essere illuminante per la riflessione futura. Come riporta Crawford (2021), nel 1961, ad un congresso del MIT, in cui McCarthy andava affermando la piena analogia del lavoro umano con quello delle macchine, Dreyfus ribatté, sostenendo l'illusorietà di una simile assimilazione e argomentando che "il cervello umano elabora le informazioni in modo diverso da un computer. L'intelligenza e l'esperienza umana si basano in larga misura su numerosi processi inconsci e subconsci, mentre i computer richiedono che tutti i dati siano espliciti e formalizzati". In fondo, possiamo dire che per certi aspetti comprendere

cosa sia l'IA e saper interagire in modo critico e consapevole con l'IA significa proprio essere in grado di cogliere queste differenze.

Attribuzioni

Benché il presente lavoro sia stato congiuntamente ideato e realizzato dagli autori, ai fini delle attribuzioni, S. Cuomo ha redatto i paragrafi 1, 4.3, G. Biagini i paragrafi 3, 4.1, 5 e M. Ranieri i paragrafi 2 e 4.2.

Conflitto di interesse

Gli autori dichiarano di non avere interessi finanziari o rapporti personali noti che avrebbero potuto influenzare il lavoro e le opinioni riportate in questo articolo.

Bibliografia

Gli articoli con gli asterischi sono da considerarsi risultati di ricerca.

* Ali, S., DiPaola, D., Lee, I., Sindato, V., Kim, G., Blumofe, R., & Breazeal, C. (2021). Children as creators, thinkers and citizens in an AI-driven future. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100040. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100040>

Aoun, J. E. (2017). *ROBOT-PROOF: Higher education in the age of artificial intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press.

Bawden, D. (2008). Origins and concepts of digital literacy. *Digital Literacies: Concepts, Policies and Practices*, 30, 17–32.

Burgsteiner, H., Kandlhofer, M., & Steinbauer, G. (2016). *IRobot: Teaching the Basics of Artificial Intelligence in High Schools*. 2.

Cappello, G. (2017). Literacy, media literacy and social change. Where do we go from now?. *Italian Journal of Sociology of Education*, 9(1).

* Cetindamar, D., Kitto, K., Wu, M., Zhang, Y., Abedin, B., & Knight, S. (2022). Explicating AI Literacy of Employees at Digital Workplaces. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–14. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3138503>

* Chai, C. S., Lin, P.-Y., Jong, M. S.-Y., Dai, Y., Chiu, T. K. F., & Qin, J. (2021). *Perceptions of and Behavioral Intentions towards Learning Artificial Intelligence in Primary School Students*. 14.

Ciotti, F. Roncaglia, G. (2008). *Il mondo digitale. Introduzione ai nuovi media*. Roma-Bari Laterza.

Cope, B., & Kalantzis, M. (2000). *Multiliteracies: Literacy learning and the design of social futures*. South Yarra, Victoria, Australia: Macmillan.

Crawford, K. (2021) Né intelligente né artificiale. Il lato oscuro dell'IA [*Atlas of AI. Powers, Politics, and Planetary Costs of Artificial Intelligence*], 12-13. Bologna, Il Mulino.

Druga, S., Christoph, F. L., & Ko, A. J. (2022). Family as a Third Space for AI Literacies: How do children and parents learn about AI together? *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–17. <https://doi.org/10.1145/3491102.3502031>

Druga, S., Vu, S. T., Likhith, E., & Qiu, T. (2019). Inclusive AI literacy for kids around the world. *Proceedings of FabLearn 2019*, 104–111. <https://doi.org/10.1145/3311890.3311904>

* Ferrari, L., Macaudo, A., Soriani, A., & Russo, V. (2020). Educational robotics and artificial intelligence education: What priorities for schools? *Form@re - Open Journal per la formazione in rete*, 68-85 Pages. <https://doi.org/10.13128/FORM-10038>

Fortunato, S. (2010). Community detection in graphs. *Phys. Rep.* 486, 75–174. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2009.11.002>

Gee, J. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York: Palgrave, Macmillan.

* Gong, X., Tang, Y., Liu, X., Jing, S., Cui, W., Liang, J., & Wang, F.-Y. (2020). K-9 Artificial Intelligence Education in Qingdao: Issues, Challenges and Suggestions. *2020 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICNSC48988.2020.9238087>

Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health information & libraries journal*, 26(2), 91-108.

Hagendorff, T. (2020). The Ethics of AI Ethics: An Evaluation of Guidelines. *Minds and Machines*, 30(1), 99–120. <https://doi.org/10.1007/s11023-020-09517-8>

* Han, X., Hu, F., Xiong, G., Liu, X., Gong, X., Niu, X., Shi, W., & Wang, X. (2018). Design of AI + Curriculum for Primary and Secondary Schools in Qingdao. *2018 Chinese Automation Congress (CAC)*, 4135–4140. <https://doi.org/10.1109/CAC.2018.8623310>

* How, M.-L., & Hung, W. L. D. (2019). Educing AI-Thinking in Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM) Education. *Education Sciences*, 9(3), 184. <https://doi.org/10.3390/educsci9030184>

Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). *Artificial Intelligence: The global landscape of ethics guidelines*. 42.

* Julie, H., Alyson, H., & Anne-Sophie, C. (2020). Designing Digital Literacy Activities: An Interdisciplinary and Collaborative Approach. *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274165>

Kandlhofer, M., Steinbauer, G., Hirschmugl-Gaisch, S., & Huber, P. (2016). Artificial intelligence and computer science in education: From kindergarten to university. *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757570>

* Kim, S., Jang, Y., Kim, W., Choi, S., Jung, H., Kim, S., & Kim, H. (2021). *Why and What to Teach: AI Curriculum for Elementary School*. 8.

Kong, S.-C., Man-Yin Cheung, W., & Zhang, G. (2021). Evaluation of an artificial intelligence literacy course for university students with diverse study backgrounds. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100026. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100026>

Kress, G. (2000). Multimodality. In B. Cope & M. Kalantzis (Eds.), *Multiliteracies: Literacy learning and the design of social futures* (pp. 182–202). *South Yarra, Victoria, Australia: Macmillan*

Lankshear, C., & Knobel, M. (2003). *New literacies: Changing knowledge and classroom learning*. Philadelphia: Open University Press.

* Lee, I., Ali, S., Zhang, H., DiPaola, D., & Breazeal, C. (2021). Developing Middle School Students' AI Literacy. *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 191–197. <https://doi.org/10.1145/3408877.3432513>

Lesmo, L. (1991). ad vocem IA. *Grande Dizionario, Appendice V*, Torino, UTET.

* Lin, C.-H., Yu, C.-C., Shih, P.-K., & Wu, L. Y. (2021). *STEM-based Artificial Intelligence Learning in General Education for Non- Engineering Undergraduate Students*. 15.

* Long, D., Jacob, M., & Magerko, B. (2019). Designing Co-Creative AI for Public Spaces. *Proceedings of the 2019 on Creativity and Cognition*, 271–284. <https://doi.org/10.1145/3325480.3325504>

Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–16. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>

* Marques, L. S., Gresse Von Wangenheim, C., & Hauck, J. C. R. (2020). Teaching Machine Learning in School: A Systematic Mapping of the State of the Art. *Informatics in Education*, 283–321. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.14>

McCarthy J (2007) *What is Artificial Intelligence*. Available from: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html>

Mills, K. A. (2010). A Review of the "Digital Turn" in the New Literacy Studies. *Review of Educational Research*, 80(2), 246–271.

Mökander, J., Sheth, M., Watson, D. S. & Floridi, L. (2022). Models for Classifying AI Systems: the Switch, the Ladder, and the Matrix. In *2022 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT'22)*, June 21–24, 2022, Seoul, Republic of Korea. ACM, New York, NY, USA <https://doi.org/10.1145/3531146.3533162>

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G. & The PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(7): e1000097.

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041>

Ong, W. (1982). *Oralità e scrittura. Le tecnologie della parola*. Bologna: il Mulino.

Panciroli, C., Rivoltella, P. C., Gabbrielli, M., & Zawacki Richter, O. (2020). Artificial Intelligence and education: new research perspectives. *Form@re - Open Journal Per La Formazione in Rete*, 20(3), 1-12. <https://doi.org/10.13128/form-10210>

Ranieri, M. (2018). *Competenze digitali*. In C. Tino & D. Frison (a cura di), *Employability skills. Riflessioni e strategie per la scuola secondaria*. Milano-Torino: Pearson Academy.

Ranieri, Maria (2019). Literacy, Technology, and Media. In: Renee Hobbs and Paul Mihailidis (Editors-in-Chief), Gianna Cappello, Maria Ranieri, and Benjamin Thevenin (Associate Editors). *The International Encyclopedia of Media Literacy*, pp. 1-12, Hoboken, NJ: JohnWiley & Sons, Inc., ISBN:9781118978245.

Riguzzi, F. (2006). Introduzione all'intelligenza artificiale. «*Terre di confine*», anno 2, n.1, gennaio.

* Robinson, S. C. (2020). Trust, transparency, and openness: How inclusion of cultural values shapes Nordic national public policy strategies for artificial intelligence (AI). *Technology in Society*, 63, 101421. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101421>

Rodríguez-García, J. D., Moreno-León, J., Román-González, M., & Robles, G. (2020). Introducing Artificial Intelligence Fundamentals with LearningML: Artificial Intelligence made easy. *Eighth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 18–20. <https://doi.org/10.1145/3434780.3436705>

Rivoltella, P. C. (2017). *Tecnologie di comunità* (pp. 5-112). ELS La Scuola.

Rivoltella, P. C. (2022). Critical Thinking in the Data Age. New Challenges. In A. Riva, & A. Marchetti (Edd.), *Humane Robotics. A multidisciplinary Approach toward the Development of Humane-centered Technologies* (pagg. 327-342)

Sabouret, N. (2020). *Understanding artificial intelligence*. CRC Press.

Searle, John. R. (1980) Minds, brains, and programs. *Behavioral and Brain Sciences* 3 (3).

Sefton-Green, J. (2007). *Literature review of informal learning with technology outside school*. Bristol, UK: Futurelab.

Selwyn, N. (2004). Reconsidering Political and Popular Understandings of the Digital Divide. *New Media & Society - NEW MEDIA SOC.* 6. 341-362. 10.1177/1461444804042519.

Steinbauer, G., Kandlhofer, M., Chklovski, T., Heintz, F., & Koenig, S. (2021). A Differentiated Discussion About AI Education K-12. *KI - Künstliche Intelligenz*, 35(2), 131–137. <https://doi.org/10.1007/s13218-021-00724-8>

Strauß, S. (2021b). “Don’t let me be misunderstood”: Critical AI literacy for the constructive use of AI technology. *TATuP - Zeitschrift Für Technikfolgenabschätzung in Theorie Und Praxis*, 30(3), 44–49. <https://doi.org/10.14512/tatup.30.3.44>

Street, B. (2003). What’s “new” in New Literacy Studies? *Critical approaches to literacy in theory and practice. Current issues in comparative education*, 5(2), 77-91.

* Su, J., & Zhong, Y. (2022). Artificial Intelligence (AI) in early childhood education: Curriculum design and future directions. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100072. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100072>

* Su, J., Zhong, Y., & Ng, D. T. K. (2022). A meta-review of literature on educational approaches for teaching AI at the K-12 levels in the Asia-Pacific region. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100065. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100065>

* Tahiru, F. (2021). AI in Education: A Systematic Literature Review. *Journal of Cases on Information Technology*, 23, 1–20. <https://doi.org/10.4018/JCIT.2021010101>

Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019). Envisioning AI for K-12: What Should Every Child Know about AI? *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33, 9795–9799. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019795>

Van Eck, N.J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538.

Van Eck, N.J., & Waltman, L. (2007). VOS: a new method for visualizing similarities between objects. In H.-J. Lenz, & R. Decker (Eds.), *Advances in Data Analysis: Proceedings of the 30th Annual Conference of the German Classification Society* (pp. 299-306). Springer

* Vazhayil, A., Shetty, R., Bhavani, R. R., & Akshay, N. (2019). Focusing on Teacher Education to Introduce AI in Schools: Perspectives and Illustrative Findings. *2019 IEEE Tenth International Conference on Technology for Education (T4E)*, 71–77. <https://doi.org/10.1109/T4E.2019.00021>

* Wan, X., Zhou, X., Ye, Z., Mortensen, C. K., & Bai, Z. (2020). SmileyCluster: Supporting accessible machine learning in K-12 scientific discovery. *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference*, 23–35. <https://doi.org/10.1145/3392063.3394440>

L. Waltman and N. J. Van Eck, “A smart local moving algorithm for largescale modularity-based community detection,” *Eur.Phys.J.B*, vol. 86, no. 11, pp. 1–14, 2013.

* Yang, W. (2022). Artificial Intelligence education for young children: Why, what, and how in curriculum design and implementation. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100061. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100061>

* Yi, Y. (2021). Establishing the concept of AI literacy: Focusing on competence and purpose. *J AHR*, 12(2), 353–368. <https://doi.org/10.21860/j.12.2.8>

* Wong, G. K., Ma, X., Dillenbourg, P., & Huan, J. (2020). Broadening artificial intelligence education in K-12: Where to start? *ACM Inroads*, 11(1), 20–29.

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

* Zhang, H., Lee, I., Ali, S., DiPaola, D., Cheng, Y., & Breazeal, C. (2022). Integrating Ethics and Career Futures with Technical Learning to Promote AI Literacy for Middle School Students: An Exploratory Study. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00293-3>