

CONTRIBUTO DI RICERCA 368/2025

INTELLIGENZA ARTIFICIALE E SETTORE EDUCATIVO

**Breve storia della tecnologia, i benefici e le criticità
delle sue applicazioni nel settore educativo**

L'**IRES PIEMONTE** è un ente di ricerca della Regione Piemonte disciplinato dalla Legge Regionale 43/91 e s.m.i. Pubblica una relazione annuale sull'andamento socioeconomico e territoriale della regione ed effettua analisi, sia congiunturali che di scenario, dei principali fenomeni socioeconomici e territoriali del Piemonte.

CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE

Alessandro Ciro Sciretti, Presidente
Giorgio Merlo, Vicepresidente
Giulio Fornero, Anna Merlin, Alberto Villarboito

COLLEGIO DEI REVISORI

Raffaele Di Gennaro, Presidente
Angelo Paolo Giacometti, Andrea Porta, Membri effettivi
Antonella Guglielmetti, Anna Paschero, Membri supplenti

COMITATO SCIENTIFICO

Antonio Rinaudo, Presidente
Mauro Durbano, Luca Mana, Alessandro Stecco, Angelo Tartaglia, Pietro Terna, Mauro Zangola

DIRETTORE

Stefano Aimone

STAFF

Marco Adamo, Stefano, Aimone, Cristina Aruga, Maria Teresa Avato, Davide Barella, Cristina Bargero, Stefania Bellelli, Marco Carpinelli, Marco Cartocci, Pasquale Cirillo, Renato Cogno, Alessandro Cunsolo, Elena Donati, Luisa Donato, Carlo Alberto Dondona, Paolo Feletig, Claudia Galetto, Anna Gallice, Martino Grande, Simone Landini, Federica Laudisa, Sara Macagno, Eugenia Madonia, Maria Cristina Migliore, Giuseppe Mosso, Daniela Musto, Carla Nanni, Daniela Nepote, Giovanna Perino, Santino Piazza, Sonia Pizzuto, Elena Poggio, Gianfranco Pomatto, Chiara Rivoiro, Valeria Romano, Martina Sabbadini, Rosario Sacco, Bibiana Scelfo, Alberto Stanchi, Filomena Tallarico, Guido Tresalli, Stefania Tron, Roberta Valetti, Giorgio Vernoni.

COLLABORANO

Ilario Abate Daga, Niccolò Aimo, Massimo Battaglia, Filomena Berardi, Debora Boaglio, Kristian Caiazza, Chiara Campanale, Umberto Casotto, Paola Cavagnino, Stefano Cavaletto, Stefania Cerea, Chiara Cirillo, Claudia Cominotti, Salvatore Cominu, Simone Contu, Federico Cuomo, Elide Delponte, Shefizana Derraj, Alessandro Dianin, Giulia Dimatteo, Serena M. Drufuca, Michelangelo Filippi, Lorenzo Fruttero, Gemma Garbi, Silvia Genetti, Giulia Henry, Ilaria Ippolito, Ludovica Lella, Sandra Magliulo, Irene Maina, Luigi Nava, Miriam Papa, Valerio V. Pelligrina, Samuele Poy, Chiara Rondinelli, Laura Ruggiero, Paolo Saracco, Domenico Savoca, Laura Sicuro, Luisa Sileno, Chiara Silvestrini, Giuseppe Somma, Christian Speziale, Giovanna Spolti, Francesco Stassi, Chiara Sumiraschi, Francesca Talamini, Anda Tarbuna, Nicoletta Torchio, Elisa Tursi, Silvia Venturelli, Paola Versino, Fulvia Zunino.

Il documento in formato PDF è scaricabile dal sito www.ires.piemonte.it

La riproduzione parziale o totale di questo documento è consentita per scopi didattici, purché senza fine di lucro e con esplicita e integrale citazione della fonte.

Intelligenza Artificiale e settore educativo

Breve storia della tecnologia,
i benefici e le criticità delle sue applicazioni
nel settore educativo

2025

© 2025 IRES
Istituto di Ricerche Economico Sociali del Piemonte
Via Nizza 18 -10125 Torino

www.ires.piemonte.it

GLI AUTORI

Pasquale Cirillo

Si ringrazia Maria Cristina Migliore per il supporto, l'incoraggiamento e i suggerimenti.

INDICE

INTRODUZIONE	VII
--------------------	-----

CAPITOLO 1

CENNI STORICI SULL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE	9
IL VALORE STRATEGICO DEI DATI E DEI CHIP PER I SISTEMI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE	12
L'IMPORTANZA DEI TESTI NATURALI PER GLI ALGORITMI	12
L'IMPORTANZA DEI CHIP NELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE.....	13

CAPITOLO 2

IA E SETTORE EDUCATIVO	17
UN APPROCCIO STORICO SOCIALE PER L'ANALISI DELL'IA NEI SISTEMI EDUCATIVI	18
LA RICERCA DELL'IA NEL CAMPO EDUCATIVO	19
RUOLO DEL SETTORE PRIVATO.....	21
IA E POLITICHE PER L'EDUCAZIONE	23
PROBLEMATICHE ETICHE DELL'IA IN EDUCAZIONE	24
CONCLUSIONI	25
BIBLIOGRAFIA.....	27

INTRODUZIONE

Fin dai primi anni Cinquanta e dalla comparsa dei primi sistemi di calcolo elettronico si è teorizzata la possibilità di costruire una macchina capace di imitare il pensiero umano¹. Questo ambizioso traguardo ha ispirato generazioni di informatici, matematici e ingegneri che, nonostante i limiti tecnologici del secolo scorso, hanno progressivamente fatto avanzare il campo dell'Intelligenza Artificiale.

Negli ultimi 20 anni, lo sviluppo esponenziale della potenza di calcolo, l'introduzione delle reti neurali artificiali, l'evoluzione degli algoritmi di Machine Learning e l'accesso a enormi quantità di dati su internet hanno avviato l'Intelligenza Artificiale di oggi che è destinata ad avere un impatto crescente sulla produzione e sulla gran parte degli aspetti della vita quotidiana.

L'Intelligenza Artificiale (d'ora in poi useremo l'acronimo IA) sarà il motore di una profonda trasformazione economica e sociale, destinata a cambiare radicalmente anche il settore dell'istruzione², anche perché sia l'Intelligenza Artificiale che l'istruzione si fondano sull'acquisizione di informazioni e sulla loro trasformazione in conoscenza che rimane lo strumento chiave per lo sviluppo economico e sociale.

L'obiettivo principale di questo lavoro è offrire una rassegna del dibattito pubblico di una parte della letteratura scientifica sugli impatti dell'introduzione dell'Intelligenza Artificiale nel settore dell'istruzione. Tuttavia, data la complessità di questi innovativi sistemi intelligenti, è preliminarmente necessario approfondire la struttura e i meccanismi del loro funzionamento.

In particolare è utile evidenziare le differenze tra il pensiero umano e la sua simulazione elettronica, per chiarire le differenze tra le capacità umane e quelle delle attuali macchine. Sebbene questa distinzione possa apparire ovvia, non lo è affatto, anche a causa delle strategie di marketing delle grandi aziende tecnologiche, che nel commercializzare questo nuovo prodotto, tendono a mettere in risalto le somiglianze tra l'AI e l'intelligenza umana.

Comprendere i principi di funzionamento dell'AI è invece cruciale per affrontare in modo critico il suo utilizzo, in particolare nel delicato settore educativo, dove la tecnologia che imita il pensiero umano difficilmente potrà mettere in discussione il ruolo dell'educatore.

Per offrire una panoramica delle caratteristiche fondamentali dell'Intelligenza Artificiale saranno utilizzate fonti divulgative selezionate da riviste giornalistiche, come "The Economist", "Time" e "Wired", note per la loro capacità di rendere accessibili tematiche tecnologiche complesse. La rassegna di articoli di queste riviste ci fornirà una breve storia e una panoramica generale dell'Intelligenza Artificiale e qualora emergessero aspetti specialistici questi potranno essere approfonditi con rimandi alla specifica letteratura scientifica.

Il primo capitolo è dedicato a una panoramica sulla storia della nascita dell'IA e rappresenta la cornice di sfondo in cui si inserisce il tema trattato nel secondo capitolo, dedicato al rapporto tra IA e settore educativo.

Nel secondo capitolo si riporteranno infatti primi cenni - tratti da alcune pubblicazioni su riviste scientifiche - di come l'IA inizia ad essere utilizzata nel settore educativo e quali tendenze sembrano emergere.

¹ A. Turing - "Computing Machinery and Intelligence" in Mind 1950.

² U.S. Department of Education Office of Educational Technology - Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning, disponibile su: <https://tech.ed.gov/files/2023/05/ai-future-of-teaching-and-learning-report.pdf>

CAPITOLO 1

CENNI STORICI SULL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

La possibilità teorica che una macchina potesse simulare il pensiero umano era presente fin dagli albori dei moderni calcolatori elettronici. Nel 1950, con l'articolo "Computing Machinery and Intelligence"³, Alan Turing sviluppò l'intuizione che una macchina potesse "pensare" aprendo la strada a un nuovo settore di ricerca⁴.

Il termine Intelligenza Artificiale fu coniato dall'informatico statunitense John McCarthy che nel 1955 riunì in una conferenza una dozzina di scienziati al Dartmouth College in New Hampshire "per lavorare su quello che allora sembrava un progetto nemmeno troppo ambizioso: creare una vera e propria intelligenza artificiale"⁵. John McCarthy si ispirò ai lavori di Turing e von Neumann, ma nonostante l'entusiasmo iniziale, le prime ricerche sull'Intelligenza Artificiale si rivelarono infruttuose.

Marvin Minsky, anch'egli presente alla conferenza di Dartmouth, fu tra i primi ricercatori a esplorare l'uso delle reti neurali artificiali per costruire macchine capaci di autoregolarsi. Tuttavia, le difficoltà incontrate in questo campo di ricerca lo portarono ad abbandonare questa strada.

Una rete neurale artificiale è un modello computazionale che si ispira al funzionamento del cervello umano. È formata da unità chiamate neuroni, organizzati in tre tipi di strati principali: uno strato di input che riceve i dati iniziali, uno o più strati nascosti che elaborano i dati attraverso operazioni interne, e uno strato di output che fornisce il risultato finale. I neuroni sono collegati tra loro tramite pesi, che determinano la forza delle relazioni tra i nodi.

Durante il processo di apprendimento di una rete neurale, i pesi connessi ai legami dei neuroni vengono continuamente aggiustati per ottenere dei risultati che minimizzino l'errore.

Nel 1957, Frank Rosenblatt implementò una rete neurale artificiale primitiva su una macchina programmabile, sviluppando il Perceptron, uno dei primi algoritmi di intelligenza artificiale eseguiti su un mainframe IBM 704. Il Perceptron era una rete neurale artificiale con un singolo strato, capace di classificare dati binari attraverso un processo iterativo in cui l'algoritmo aggiornava dei pesi associati agli input in base agli errori commessi durante le predizioni. L'algoritmo del Perceptron modificava i pesi per minimizzare l'errore, rappresentando uno dei primi esempi di macchine capaci di apprendere dall'esperienza.

Proprio l'abilità di imparare attraverso le esperienze è la peculiarità distintiva delle reti neurali artificiali che non seguono un algoritmo prestabilito, ma si auto-organizzano attraverso processi di apprendimento basati sull'esposizione a dati esemplificativi.

Il processo di apprendimento della rete neurale può avvenire principalmente in due modi:

³ Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433–460.
<https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>

⁴ The Economist. (2024, July 16). A short history of AI. *The Economist*.
<https://www.economist.com/schools-brief/2024/07/16/a-short-history-of-ai>

⁵ The Economist. (2024, July 16). A short history of AI. *The Economist*.
<https://www.economist.com/schools-brief/2024/07/16/a-short-history-of-ai>

Nell'**apprendimento supervisionato** da umani il sistema usa un insieme di dati etichettati, ovvero un insieme di coppie valore in input - risultato corretto. La rete neurale, dato i valori in input, aggiusta iterativamente i pesi dei nodi per minimizzare l'errore calcolato usando gli scarti tra il risultato elaborato dalla rete neurale e il dato corretto desunto dalle etichette. Questo processo continua in modo iterativo fino a quando la previsione non raggiunge un livello accettabile di accuratezza.

Nell'**apprendimento non supervisionato**, invece, il sistema elabora dati non etichettati, cercando di identificare pattern nascosti attraverso tecniche come la clusterizzazione o la riduzione della dimensionalità. In seguito, i sistemi di apprendimento non supervisionato possono essere sottoposti a una fase di *tuning* supervisionata, durante la quale esperti umani intervengono per migliorare ulteriormente la qualità dei risultati rispetto a obiettivi specifici.

I sistemi di AI contemporanei mantengono la necessità della presenza umana, ma a differenza del passato dove il contributo umano doveva essere continuo, nei sistemi automatizzati gestiti dall'IA l'intervento umano è oggi necessario solo nella fase della manutenzione dei sistemi e nella correzione dell'errore. L'AI non è solo il chatbot di OpenAI, ma è ormai parte integrante della grande industria. Le moderne fabbriche gestite dall'IA sono ambienti altamente automatizzati, dove robot e procedure avanzate producono beni senza intervento umano diretto. Come osserva Aresu nella sua descrizione degli impianti di produzione di NVIDIA a Taiwan, dove gli esseri umani sono normalmente assenti e solo: "... quando si presenterà una sbavatura in questa opera titanica, allora l'uomo potrà ricavarsi il suo spazietto: la manutenzione delle macchine, la supervisione dell'errore."⁶.

Questo avviene anche durante le procedure di machine learning delle reti neurali profonde, che hanno una prima fase, durante la quale l'algoritmo lavora autonomamente e una seconda fase di *tuning* dove si procede attraverso un apprendimento supervisionato da essere umani. In questa fase il fattore umano supervisiona, intervenendo a **correggere l'errore**, riconoscendo, ad esempio, un oggetto che non può essere facilmente identificato dall'algoritmo, perché troppo simile a un altro oggetto che, in quelle condizioni, ha analoghe possibilità di presentarsi.

Sebbene la prima rete neurale artificiale, il Perceptron, avesse un grande potenziale teorico, Rosenblatt non riuscì a ottenere risultati significativi, così i finanziamenti della U.S. Navy furono gradualmente ridotti. In seguito, furono gli stessi fondatori della disciplina dell'IA, Marvin Minsky e Seymour Papert, che criticarono aspramente il lavoro di Rosenblatt nel loro libro "Perceptrons"⁷ (1969), nel quale evidenziavano i limiti delle reti neurali a strato singolo nel risolvere particolari tipologie di problemi non lineari. Questa autorevole critica contribuì a un rallentamento della ricerca sulle reti neurali artificiali che rimase ferma per un lungo periodo che in seguito fu chiamato "l'inverno dell'IA".

All'inizio degli anni '90, le reti neurali furono riscoperte nel tentativo di sviluppare software capaci di leggere la scrittura manuale. Per risolvere questo problema i ricercatori cominciarono ad aggiungere sempre più strati nascosti di neuroni artificiali, riuscendo così a risolvere problemi via via più complessi. Nacquero così le reti neurali profonde.

Le reti neurali profonde e gli algoritmi di apprendimento rappresentano però soltanto le fondamenta informatiche e matematiche dell'intelligenza artificiale, la quale trova nei dati la sua linfa

⁶ Aresu, A. "Geopolitica dell'intelligenza Artificiale" Feltrinelli, Milano 2024.

⁷ Minsky, M Seymour Papert, S. (1969) "Perceptrons" MIT Press.

vitale. Un gruppo di ricercatori di Stanford, guidato dalla matematica cinese Fei Fei Li⁸ ebbe il merito di spostare l'attenzione dal disegno delle reti neurali - che fino ad allora avevano dominato lo sviluppo dei sistemi di intelligenza artificiale - ai dati necessari per addestrarle. Fu così creato ImageNet, un vasto database contenente milioni di immagini etichettate, utilizzabile per addestrare al riconoscimento visivo le reti neurali artificiali.

Questo database portò alla nascita di ImageNet Challenge, una competizione annuale per la creazione di algoritmi basati su reti neurali capaci di riconoscere le immagini. ImageNet fu una pietra miliare nella storia dello sviluppo dell'intelligenza artificiale.

Tuttavia, la nascita delle reti neurali profonde che usavano enormi data set per addestrarsi complicava notevolmente i calcoli matriciali necessari per ottimizzare i pesi associati ai miliardi di nodi che le componevano. Questo rendeva i processi di apprendimento significativamente più lenti, causando inefficienze nelle applicazioni pratiche.

Il punto di svolta si ebbe quando il team di Geoffrey Hinton, Alex Krizhevsky e Ilya Sutskever presentò a ImageNet un modello di rete neurale convoluzionale (CNN) per il riconoscimento visivo, noto come AlexNet. Questo modello, addestrato sul database di ImageNet, dimostrò una capacità straordinaria di riconoscere caratteristiche ricorrenti nelle immagini, raggiungendo una precisione superiore a quella di qualsiasi algoritmo precedente. Grazie a questa innovativa architettura, l'errore di classificazione fu ridotto al 15,3%, ponendo le basi per l'evoluzione di nuovi modelli di reti neurali artificiali capaci di risolvere problemi complessi.

Questi risultati furono resi possibili grazie anche a un'innovazione hardware, una svolta tecnologica adottata da un giovane ricercatore team di Geoffrey Hinton, Alex Krizhevsky⁹ che risolse il problema della lentezza del processo di apprendimento delle reti neurali, utilizzando la scheda grafica di un comune personal computer. Egli riuscì a fare crescere la velocità di apprendimento della rete neurale di 70 volte utilizzando delle GPU (Unità di Elaborazione Grafica), inizialmente progettate per la grafica 3D dei videogiochi. Le GPU, con la loro capacità di eseguire calcoli matriciali, si rivelarono strumenti estremamente efficaci per l'addestramento delle reti neurali. Questa soluzione dimostra come spesso le innovazioni più rilevanti scaturiscano da idee non convenzionali e dall'uso creativo di strumenti sviluppati per altri scopi.

Un ulteriore passo nello sviluppo dell'intelligenza artificiale è stato compiuto attraverso l'introduzione dei transformer¹⁰, una nuova architettura di reti neurali capace di catturare relazioni a lungo raggio all'interno dei dati. Questi modelli utilizzano un meccanismo chiamato "attenzione", capace di "capire" il contesto semantico dei dati, senza perdere alcuna informazione. I transformer hanno rivoluzionato la tecnologia dell'elaborazione del linguaggio naturale (NLP - Natural Language Processing), un campo dell'AI diverso dal riconoscimento visuale, che mira a far sì che i computer comprendano e interagiscono con il linguaggio umano. Gli algoritmi che usano i transformer sono usati nel Natural Language Processing per scomporre i testi in unità più piccole chiamate "token", che rappresentano parole o parti di essi. Ogni token viene poi

⁸ Per approfondire il percorso personale e scientifico di Fei Fei Li. Aresu, A. "Geopolitica dell'intelligenza Artificiale" Feltrinelli, Milano 2024

⁹ Alex Krizhevsky giovane ricercatore Canadese, nato in Ucraina, dopo una breve permanenza a Google, nel 2017 ha perso interesse per il lavoro e vive un'anomala esistenza nella sua casa in California.

¹⁰ Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017) Attention, Is All You Need. In Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2017), Curran Associates, Inc.

<https://proceedings.neurips.cc/paper/2017/file/3f5ee243547dee91fb053c1c4a845aa-Paper.pdf>

codificato come una rappresentazione numerica in uno spazio vettoriale multidimensionale, dove token simili per significato o funzione grammaticale tendono a essere vicini. Per esempio in un livello dimensionale, i token "cane", "gatto" e "topo" potrebbero essere vicini perché appartengono alla categoria degli animali. In un altro livello dimensionale il token "crocchetta" è vicino al "cane" e "gatto", ma lontano da "topo"¹¹.

Il meccanismo di attenzione consente di delimitare il contesto semantico di un certo testo e consente al modello di attribuire più importanza a determinate sequenze di token. Durante l'addestramento, il modello viene allenato a prevedere le parole mancanti, sviluppando così la capacità di generare frasi coerenti e plausibili. Il sistema genera un insieme di frasi coerenti in base all'addestramento a cui è stato sottoposto, tuttavia bisogna sempre sottolineare che i principali modelli di Intelligenza Artificiale di base rilasciati fino ad oggi¹², non ragionano, ma prevedono semplicemente la parola più probabile in base al testo dato in input, senza una vera comprensione concettuale.

Anche i modelli più avanzati, dotati di strutture Chain of Thought (CoT), sono in grado di scomporre i problemi in più passaggi logici, migliorando la capacità di risolvere compiti complessi. Tuttavia, non possiedono alcuna delle caratteristiche del pensiero umano, come la consapevolezza, l'intenzionalità o una comprensione profonda del significato.

Utilizzando l'architettura dei transformer sono stati sviluppati i Large Language Models (LLMs), una moderna architettura di reti neurali che, attraverso un metodo stocastico, calcola attraverso la probabilità del presentarsi di ciascun token data una sequenza in input, generando così la serie di token più probabilmente attesi. Queste caratteristiche permettono a queste architetture di IA di utilizzare testi naturali per l'addestramento non supervisionato della rete neurale. Questi algoritmi sono alla base dei moderni sistemi di intelligenza artificiale generativa di testo come ChatGPT dove l'acronimo "GPT", sta per Generative Pre-trained Transformer. Altri sistemi basati su questa tecnologia sono Gemini e Bard.

IL VALORE STRATEGICO DEI DATI E DEI CHIP PER I SISTEMI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

L'IMPORTANZA DEI TESTI NATURALI PER GLI ALGORITMI

I primi modelli di reti neurali profonde erano teoricamente in grado di utilizzare per il loro addestramento dati non etichettati provenienti da testi comuni. Però questi algoritmi erano altamente inefficienti perché senza i transformer non erano in grado di delimitare immediatamente il contesto dei testi che gli venivano sottoposti. Essi potevano lavorare solo connessioni su parole contigue in una frase e potevano ricostruire solo testi molto brevi.

Solo con l'emergere degli algoritmi avanzati, come i modelli linguistici di grandi dimensioni (LLMs), capaci di definire autonomamente il contesto di un testo, i sistemi di IA hanno potuto utilizzare lunghi testi naturali pensati per la comprensione umana come materiale di addestramento. Questo ha reso possibile l'impiego di volumi di dati sempre più estesi, inaugurando un nuovo settore economico basato sul *mining* e sulla vendita di dati.

¹¹ Enrico Mensa, tratto da un suo contenuto pubblicato sul suo canale divulgativo YouTube: Enkk.

¹² L'articolo è scritto nell'autunno del 2024.

I sistemi di Intelligenza Artificiale sono diventati sempre più grandi, nell'ordine delle migliaia di miliardi di nodi e per addestrarsi oramai fagocitano quasi tutto l'insieme dei testi prodotti dall'umanità e presenti in Internet. Secondo un'opinione riportata da Economist, si stima che entro il 2028, i sistemi di intelligenza artificiale generativi potrebbero essere in grado di analizzare tutte le pagine web, le basi testuali e le immagini disponibili sulla rete¹³.

Tuttavia, questo nuovo settore non sfugge alle distorsioni sociali derivanti dalla distribuzione internazionale del lavoro: la gestione, la pulizia e il fine-tuning dei dati utilizzati per il *machine learning* si basano infatti su un ampio impiego di manodopera a bassa qualificazione, spesso sottopagata e concentrata nelle regioni economicamente svantaggiate, contribuendo così ad accentuare le diseguaglianze sociali ed economiche¹⁴.

Diversamente da quanto suggerito dai film e dalla letteratura di fantascienza, nella realtà l'intelligenza artificiale non elimina il lavoro umano, ma ne dipende profondamente. Gli enormi data center, indispensabili per il funzionamento dell'AI, richiedono non solo investimenti massicci in capitale, ma anche un'intensa attività lavorativa. Da un lato, tecnici e ingegneri sono necessari per costruire e mantenere l'hardware; dall'altro, forme di lavoro a basso costo, spesso invisibili, alimentano i grandi database etichettati necessari per il Machine Learning supervisionato. Questo contrasta con la narrativa dominante, che descrive l'AI come un fenomeno neutrale pienamente automatizzato, ignorandone le implicazioni sociali ed economiche.

La produzione dell'AI, pur creando nuova ricchezza, non è esente da contraddizioni poiché le dinamiche di concentrazione economica e diseguaglianza sociale continuano a caratterizzare anche l'era digitale; il valore economico generato dai dati forniti dagli utenti e dal lavoro umano, tende infatti a concentrarsi nelle mani di poche grandi aziende tecnologiche che possono mobilitare i capitali necessari per la costruzione degli enormi data center necessari al funzionamento della IA. Pertanto, nonostante l'IA sia un prodotto intrinsecamente sociale, la distribuzione del surplus economico generato rimane una questione aperta, problematica che richiama l'attenzione sul rischio che questa nuova tecnologia possa ampliare vecchie e nuove diseguaglianze.

L'IMPORTANZA DEI CHIP NELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Nel 1958, Jack Kilby della Texas Instruments creò il primo chip in silicio con un singolo transistor. Nel 1965, la Fairchild Semiconductor sviluppò un chip con 50 transistor e in quello stesso anno Gordon Moore, ingegnere e cofondatore di Fairchild Semiconductor e successivamente di Intel, osservò che le tecniche di miniaturizzazione applicate alla produzione dei dispositivi portavano il numero di transistor per chip a raddoppiare ogni anno. Questa osservazione, diventata famosa come Legge di Moore, è stata un pilastro della rivoluzione basata sulla tecnologia del silicio¹⁵.

Negli ultimi dieci anni, la legge di Moore ha iniziato a rallentare a causa di limiti fisici della struttura del silicio, mentre i modelli di intelligenza artificiale sono diventati sempre più complessi, con reti neurali composte da miliardi di strati e nodi. Inoltre, per addestrare questi modelli, è

¹³ The Economist "AI firms will soon exhaust most of the internet's data"

<https://www.economist.com/schoolsbrief/2024/07/23/ai-firms-will-soon-exhaust-most-of-the-internets-data>

¹⁴ Muldoon J., Graham M., Cant C., "Feeding the machine" Edinburgh, Canongate

¹⁵ The Economist "The race is on to control the global supply chain for AI chips"

<https://www.economist.com/schools-brief/2024/07/30/the-race-is-on-to-control-the-global-supply-chain-for-ai-chips>

necessaria una quantità crescente di calcoli, che richiede una potenza di elaborazione sempre maggiore.

Per risolvere questo problema, nel corso degli anni sono stati sviluppati chip sempre più specializzati, basati sull'architettura delle GPU (unità di elaborazione grafica), molto più efficienti delle CPU tradizionali. Le GPU, sviluppate originariamente per migliorare le prestazioni nei videogiochi, sono oggi fino a 1.000 volte più veloci delle CPU tradizionali e sono diventate cruciali per l'addestramento di modelli avanzati di AI, come gli LLMs basati sui transformer che sono alla base dei modelli linguistici avanzati come GPT-4. Nel 2022, l'addestramento di GPT-4 ha richiesto una quantità di calcoli paragonabile al numero di stelle dell'universo osservabile¹⁶.

La produzione di chip ha raggiunto livelli incredibili, e oggi esistono chip con transistor di appena 4 nanometri. Tuttavia, a causa dei limiti fisici nella miniaturizzazione dei transistor, l'approccio attuale non si basa più sul rendere i chip più veloci, ma piuttosto sul produrne di più e collegarli in parallelo. Nvidia, il produttore leader di GPU, ha sviluppato chip avanzati come i Blackwell, che richiedono investimenti enormi e reti energetiche massicce per funzionare¹⁷.

Questa crescente richiesta di potenza di calcolo sta portando le aziende tecnologiche a investire miliardi di dollari in infrastrutture per data center basati su GPU. Questo richiede capitali e capacità tecniche che solo i grandi player del settore IT sono in grado di mobilitare, innescando monopoli naturali difficili da superare. Ad esempio, Microsoft e OpenAI stanno pianificando Stargate, una data center dal costo di 100 miliardi di dollari¹⁸.

La geopolitica del settore dei chip avanzati è anch'essa in fermento. Per mantenere la loro superiorità tecnologica, gli Stati Uniti hanno imposto restrizioni alle esportazioni verso la Cina di questa tecnologia, spingendo il grande paese asiatico a investire pesantemente nella creazione della propria industria dei semiconduttori.

Un punto cruciale nella geopolitica dei semiconduttori è la tecnologia necessaria per la produzione di chip avanzati, come quelli con transistor a 4 nanometri. L'ASML è un'azienda olandese che detiene il monopolio della tecnologia di litografia ultravioletta estrema (EUV) che è l'unica in grado produrre chip di silicio fino a 4 nanometri. Questi sistemi litografici sono essenziali per stampare chip di ultima generazione e solo poche aziende costruttrici di chip, come la TSMC di Taiwan e la Intel in California, hanno accesso a queste tecniche di produzione.

L'importanza strategica della sua tecnica di litografia ultravioletta estrema di ASML ha spinto gli Stati Uniti ad imporre all'azienda olandese severe restrizioni all'esportazione di attrezzature per lo stampaggio di chip verso la Cina. In risposta, la Cina ha investito centinaia di miliardi di dollari per sviluppare una propria filiera di semiconduttori, ma la mancanza di accesso alla tecnologia di litografia ultravioletta estrema EUV, rappresenta, per il gigante asiatico, ancora un ostacolo significativo.

Parallelamente, gli Stati Uniti stanno intensificando gli investimenti nel settore dei semiconduttori avanzati. Un esempio significativo è rappresentato dall'azienda taiwanese TSMC, che sta realizzando nuovi impianti di produzione di chip in Arizona, con un investimento complessivo di

¹⁶ The Economist "The race is on to control the global supply chain for AI chips"

<https://www.economist.com/schools-brief/2024/07/30/the-race-is-on-to-control-the-global-supply-chain-for-ai-chips>

¹⁷ The Economist "The race is on to control the global supply chain for AI chips"

<https://www.economist.com/schools-brief/2024/07/30/the-race-is-on-to-control-the-global-supply-chain-for-ai-chips>

¹⁸ The Economist "The race is on to control the global supply chain for AI chips"

<https://www.economist.com/schools-brief/2024/07/30/the-race-is-on-to-control-the-global-supply-chain-for-ai-chips>

circa 65 miliardi di dollari, sostenuto da sussidi governativi pari a 6,6 miliardi di dollari. Altri paesi, come la Germania, il Giappone e l'India, stanno anch'essi incrementando gli investimenti e sussidi alle imprese per avere proprie infrastrutture per la produzione di chip.

In conclusione, la produzione di chip avanzati è diventata un campo di competizione strategica a livello globale. L'accesso alla tecnologia di litografia ultravioletta estrema (EUV), indispensabile per realizzare chip a 4 nanometri, rappresenta oggi un vantaggio cruciale per lo sviluppo dell'intelligenza artificiale. I paesi che dispongono di questi semiconduttori avanzati avranno accesso alle forme più sofisticate di IA, garantendosi un vantaggio strategico nella competizione tra le grandi potenze mondiali.

CAPITOLO 2

IA E SETTORE EDUCATIVO

L'istruzione e l'IA sembrano avere significative similitudini: entrambe si basano sull'accumulazione di informazioni che vengono poi organizzate nella conoscenza necessaria per interagire più o meno consapevolmente con oggetti o eventi del mondo reale. In realtà l'apprendimento umano si alimenta di molti altri processi, come ad esempio il desiderio di apprendere, la ricerca di senso, le relazioni sociali con le annesse dimensioni affettive ed emozionali. Tuttavia quella apparente similitudine suggerisce che l'intelligenza artificiale giocherà un ruolo cruciale anche nel settore educativo.

L'IA è oggi già presente nei sistemi educativi e ne possiamo già analizzare la natura, le modalità di impiego e gli impatti in questo settore. Anche la riflessione scientifica sugli effetti della tecnologia digitale sui sistemi educativi non è una novità, ma è nata decenni prima dei sistemi di Intelligenza Artificiale contemporanei.¹⁹

Fin dall'avvento dei primi sistemi digitali nel settore della formazione sono emerse tra gli studiosi due correnti di pensiero contrapposte: Gli entusiasti, che evidenziavano le potenzialità delle nuove tecnologie, e i critici, che ne sottolineavano le problematicità.

Con riferimento all'Intelligenza Artificiale, gli entusiasti mettono in luce:

- La possibilità di personalizzare la didattica in base alle caratteristiche degli studenti;
- Il miglioramento dei processi di valutazione degli studenti e delle istituzioni;
- La riduzione dei carichi burocratici per docenti e studenti attraverso l'automazione dei processi amministrativi.

I critici evidenziano all'opposto:

- I possibili impatti negativi sulla professione di insegnante;
- Il rischio della crescita nel settore di soggetti privati orientati al mercato;
- Gli effetti discriminatori coevi ai meccanismi implicitamente distorsivi attraverso i quali l'IA costruisce il proprio autoapprendimento;
- Criticità originate dalla modalità di profilare gli studenti e di gestione dei dati personali di questi sistemi.

La letteratura prevalente sottolinea che l'emergere della tecnologia dell'IA non è neutra, ma ha profonde relazioni con la società che la sviluppa²⁰. Il contesto sociale, economico e politico determina le caratteristiche dell'IA che a sua volta influenza la struttura e l'evoluzione della società.

A monte, l'Intelligenza Artificiale prende forma in ambienti modellati da forze sociali, economiche e politiche esistenti. Gli sviluppatori e i ricercatori che progettano i sistemi di IA sono influenzati dal contesto nel quale vivono, dalle priorità economiche e dalle normative che regolano

¹⁹ B. Williamson, R.Eynon "Historical threads, missing link and future directions in AI in education" in Learning, Media and Technology. 2020.

²⁰ B. Williamson, R.Eynon "Historical threads, missing link and future directions in AI in education" in Learning, Media and Technology. 2020.

questo settore tecnologico. Queste influenze si riflettono nei dataset, negli algoritmi e persino negli obiettivi della tecnologia stessa. Ad esempio, se un sistema di IA viene addestrato con dataset che riflettono pregiudizi sociali o disuguaglianze, tali pregiudizi possono essere incorporati nell'IA stessa.

A valle, la tecnologia dell'IA influenza a sua volta il contesto sociale e culturale, con il rischio di accentuare le disuguaglianze preesistenti. Gli algoritmi di IA possono perpetuare discriminazioni, come nel caso del "bias algoritmico", dove i modelli di IA addestrati su dati distorti e discriminatori tendono a prendere decisioni discriminatorie contro determinate categorie di persone. L'IA può così discriminare nel reclutamento lavorativo, nel negare prestiti bancari a persone di aree specifiche o di particolari gruppi sociali. Un'IA distorta può discriminare nei sistemi di giustizia penale e nelle procedure di controllo dell'ordine pubblico.

Nei prossimi paragrafi proveremo ad analizzare gli effetti dell'IA sui processi di istruzione e formazione adottando una prospettiva storico-sociale che offre una panoramica più ampia e maggiormente contestualizzata di altri metodi analitici.

UN APPROCCIO STORICO SOCIALE PER L'ANALISI DELL'IA NEI SISTEMI EDUCATIVI

Eynon e Williamson nel loro articolo "*Historical threads, missing link and future directions in AI in education*"²¹ propongono di analizzare l'impatto dell'IA in campo educativo usando un approccio storico-sociale che si focalizza su tre aspetti chiave:

Il primo aspetto è focalizzato **sugli studi su Intelligenza Artificiale e istruzione**, con l'obiettivo di analizzare gli effetti dei risultati delle ricerche sulle istituzioni educative e sulle pratiche pedagogiche. Partendo da un'analisi critica dei nuovi strumenti di Intelligenza Artificiale, si prova a comprendere come la ricerca teorica su Intelligenza Artificiale e istruzione abbia influenzato, o possa influenzare in futuro, gli investimenti privati, le politiche, la pedagogia e la relazione tra studenti e docenti.

Il secondo aspetto riguarda **la crescente influenza del settore privato** nell'applicazione dell'IA nei sistemi educativi. Molte aziende, denominate in letteratura EdTech, stanno investendo nello sviluppo di tecnologie per l'AI educative per generare valore economico, ridefinendo così i confini tra l'istruzione pubblica e gli interessi commerciali. Un'analisi critica di queste dinamiche è fondamentale per comprendere come le logiche di mercato possano influenzare le finalità educative e la distribuzione delle risorse.

Infine, il terzo aspetto esamina **l'interesse della politica nell'introduzione dell'IA** nei sistemi educativi. I governi stanno sempre più considerando l'IA come uno strumento strategico per migliorare la qualità dell'istruzione e l'efficienza del sistema economico. Tuttavia, è necessario valutare se e come le politiche pubbliche siano in grado di affrontare le sfide etiche e sociali poste dall'uso diffuso di questa tecnologia.

L'obiettivo dei prossimi paragrafi è condurre una rassegna della letteratura scientifica sull'Intelligenza Artificiale applicata all'educazione, analizzando il punto di vista di alcuni studiosi critici riguardo l'impiego indiscriminato di questa tecnologia. Pur non introducendo contributi originali,

²¹ B. Williamson, R.Eynon "Historical threads, missing link and future directions in AI in education" in Learning, Media and Technology. 2020.

il nostro studio si propone di fornire una panoramica sintetica dei contributi esistenti, approfondendo le prospettive già presenti nella ricerca.

LA RICERCA DELL'IA NEL CAMPO EDUCATIVO

Secondo Williamson e Eynon²², i risultati della ricerca sull'Intelligenza Artificiale nel campo educativo hanno un ruolo importante nello sviluppo e nell'applicazione di questa tecnologia al mondo dell'istruzione. L'evoluzione dell'Intelligenza Artificiale e la sua implementazione nei sistemi educativi non seguirà un percorso lineare, ma sarà profondamente influenzato dall'interazione tra attori sociali, politici ed economici, che incideranno sulle modalità di sviluppo e implementazione di questa nuova tecnologia.

L'introduzione dell'IA nel settore dell'istruzione e della formazione professionale amplifica l'importanza del binomio tecnologia e apprendimento che già in passato è stato al centro del dibattito scientifico sull'istruzione. La relazione tra IA e apprendimento è complessa e biunivoca: da un lato, l'istruzione non può prescindere dall'IA per migliorare l'efficacia dei processi educativi, d'altro lato le competenze formate dal sistema educativo sono necessarie per l'avanzamento tecnologico.

La ricerca sulle prime applicazioni informatiche nel campo educativo risale agli anni settanta, quando si iniziò a valutare l'efficacia dei primi sistemi computerizzati di apprendimento assistito introdotti nel decennio precedente. Sin dagli esordi, gli studi "Artificial Intelligence in Education" (AIED) si sono concentrati su due ambiti principali:

- L'applicazione dell'IA ai sistemi organizzativi educativi, mirata a comprendere come i sistemi di intelligenza artificiale possano supportare docenti e strutture organizzative nell'erogazione efficiente del servizio educativo.
- L'utilizzo dell'IA nelle attività didattiche e nella valutazione dei processi di apprendimento, con un approfondimento sulle interazioni tra IA, processi di apprendimento e scienze cognitive.

I primi studi su IA e istruzione risalgono al secolo scorso con la pubblicazione a partire dal 1989 della rivista *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. Schank e Edelson, entrambi studiosi di computing science, nell'editoriale del primo numero della rivista, sottolineavano che l'IA:

non solo avrebbe avuto impatti sulle strutture organizzative, sulla progettazione dei percorsi curriculari e sui modi di erogazione della didattica, ma avrebbe anche determinato grandi cambiamenti sul modo stesso di intendere l'apprendimento e di praticare l'insegnamento²³.

Schank e Edelson, provenendo delle discipline informatiche, auspicavano una maggiore cooperazione tra le aziende high-tech e la ricerca pedagogia per lo sviluppo dell'IA nel campo educativo. I due studiosi, prevedevano inoltre, che l'introduzione dei sistemi di IA, avrebbe sostituito le esistenti metodologie di insegnamento con sistemi intelligenti di tutoraggio individuale, capaci di adattarsi autonomamente ai bisogni educativi del singolo studente.

²² B. Williamson, R. Eynon "Historical threads, missing link and future directions in AI in education" in Learning, Media and Technology. 2020.

²³ Schank, R. C., and D. J. Edelson. 1989. "A Role for AI in Education: Using Technology to Reshape Education." International Journal of Artificial Intelligence in Education 1 (2), Traduzione dell'autore, 3–20,

Schank e Edelson sostenevano infine, che il cambiamento non sarebbe stato solo quantitativo, ma qualitativo: non sarebbero solo cambiate le metodologie didattiche tradizionali, ma la scuola e la didattica sarebbero state rivoluzionate con nuove pratiche e nuovi obiettivi.

Considerate le capacità dell'intelligenza artificiale nei primi anni '90, le previsioni di Schank ed Edelson risultavano decisamente ottimistiche. Tuttavia, a partire dal 2010, l'avvento delle reti neurali profonde, degli algoritmi di riconoscimento visivo e di quelli di Large Language Models ha rapidamente reso queste prospettive molto più realistiche.

Un'altra studiosa, Rosemary Luckin, prevedeva che l'Intelligenza Artificiale sarebbe stata presto applicata in modo estensivo ai processi e alle strutture educative creando sistemi di tutoraggio capaci di valutare autonomamente i bisogni formativi e i risultati di apprendimento di ogni singolo studente²⁴. Questi risultati poi potevano essere utilizzati per adattare il percorso didattico del singolo studente alle criticità riscontrate in sede di valutazione.

Luckin sosteneva infine che l'IA poteva essere usata nel monitoraggio delle performance dei sistemi educativi su varie scale: dalla classe, al distretto, fino all'università e persino a livello nazionale.

Luckin, diventata presidente dell'*International AI in Education Society*, si è fatta portatrice di una visione entusiasta, quasi "evoluzionista" dell'applicazione dell'IA nel settore educativo, arrivando a sostenere che l'Intelligenza Artificiale avrebbe avuto degli effetti, non solo sul miglioramento dei processi formativi, ma anche nel cambiamento qualitativo dell'intelligenza stessa del genere umano²⁵.

Altra letteratura adotta un approccio più cauto²⁶, considerando l'introduzione di questa nuova tecnologia come un fenomeno complesso, i cui esiti non sono predeterminati e tutti positivi. Si sostiene che la ricerca sull'AIED possa contribuire a una comprensione più profonda dei meccanismi di apprendimento umano, facilitando così lo sviluppo di algoritmi di intelligenza artificiale sempre più avanzati ed eticamente sostenibili.

Perrotta e Selwyn mettono in guardia da ogni facile entusiasmo, evidenziano come i potenti algoritmi di machine learning forniscano solo un modello approssimativo e riduttivo dei reali meccanismi di acquisizione delle conoscenze tipici della mente umana²⁷.

Essi osservano che gli algoritmi di 'automated knowledge discovery' utilizzati per istruire l'IA, evidenziano uniformità e ricorrenze tra i dati e si basano un'epistemologia meccanica induttiva che assume che i modelli cognitivi siano interpretabili in modo uniforme e standardizzato in tutte le culture e contesti²⁸. In altre parole gli algoritmi dell'IA tendono a trattare le ricorrenze e le

²⁴ Luckin, R., W. Holmes, M. Griffiths, and L. B. Forcier. 2016. *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. London: Pearson Education

²⁵ "For the first time we will be able to extend, develop and measure the complexity of human intelligence – an intellect that is more sophisticated than any AI. This will revolutionise the way we think about human intelligence." in "Learning Analytics and AI: Politics, Pedagogy and Practices." *British Journal of Educational Technology* 50 (6): 2785–

²⁶ B. Williamson, R. Eynon "Historical threads, missing link and future directions in AI in education" in Learning, Media and Technology. 2020 <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17439884.2020.1798995#d1e142>

²⁷ Perrotta, C., and N. Selwyn. 2020. "Deep Learning Goes to School: Toward a Relational Understanding of AI in Education." *Learning, Media and Technology*. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17439884.2020.1686017>

²⁸ Perrotta, C., and N. Selwyn. 2020. "Deep Learning Goes to School: Toward a Relational Understanding of AI in Education." *Learning, Media and Technology*. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17439884.2020.1686017>

uniformità emergenti dai dati come interpretabili uniformemente, indipendentemente dal contesto sociale e culturale.

Perrotta e Selwyn sottolineano che questi modelli riflettono inevitabilmente i contesti specifici da cui i dati provengono, cioè, i modelli generati dall'intelligenza artificiale sono fortemente influenzati dalle condizioni locali creando spesso delle distorsioni nei risultati che sono frutto di condizioni particolari. I modelli cognitivi dell'IA non sono neutrali o universali, ma dipendono inevitabilmente dai contesti da cui i dati su cui si addestrano provengono. Ad esempio, un'IA di riconoscimento visuale, addestrata su dati occidentali potrebbe associare delle persone vestite di nero ad un rito funerale, mentre in altre culture le potrebbe abbinare ad altre circostanze.

Allo stesso modo, uno strumento di IA per la valutazione degli studenti universitari potrebbe penalizzare uno studente cinese per una presunta mancanza di autonomia, senza considerare il contesto educativo e culturale in cui è cresciuto. In Cina, l'apprendimento si basa spesso su tecniche mnemoniche e ripetitive, necessarie per assimilare i 5.000 caratteri minimi richiesti per la lettura dei testi in lingua. Questo approccio, sebbene efficace all'interno del sistema educativo confuciano, potrebbe essere interpretato dall'IA come un segnale di dipendenza dall'insegnante o di scarsa capacità critica, portando a valutazioni distorte rispetto alle reali competenze dello studente.

Una lettura critica della letteratura scientifica sull'IA nel settore educativo non può dimenticare che questo campo di studi può risentire di valori, di ideologie e di interessi che plasmano la società.

RUOLO DEL SETTORE PRIVATO

Come abbiamo accennato sopra, l'introduzione dell'IA nel settore educativo non è un fenomeno isolato che interessa solo le comunità scolastiche e universitarie, ma si colloca all'interno di un più ampio processo di produzione della conoscenza, dove si intersecano le reciproche influenze degli interessi economici, politici e sociali.

Il futuro dello sviluppo dell'IA nell'istruzione non dipenderà solo dalle decisioni di regolamentazione politica, mediate dalle istanze dei portatori di interessi, ma sarà influenzato anche dalle scelte di investimento delle aziende tecnologiche private nel settore dell'educazione²⁹.

Le prospettive dell'uso dell'IA nell'istruzione hanno attirato numerose grandi imprese private in uno spazio tradizionalmente dominato dal settore pubblico. Il settore privato che usa l'intelligenza artificiale nell'istruzione (EdTech) è oggi un'enorme industria globale da miliardi di dollari, alimentata da ingenti investimenti di *venture capital* che si aspettano di ricavare grossi profitti da questo nuovo settore. Negli ultimi anni, queste aziende, forti del consistente supporto finanziario degli investitori, hanno lanciato ambiziosi piani di sviluppo per nuovi servizi rivolti sia agli studenti sia ai sistemi educativi.

L'adozione dell'Intelligenza Artificiale nel settore educativo rappresenta un'opportunità significativa per innovare e migliorare i processi di apprendimento. Tuttavia, è importante valutare con attenzione i rischi di questa nuova tecnologia che potrebbe determinare impatti negativi sull'accesso all'istruzione e sulla gestione delle risorse educative.

I modelli di aziende di EdTech sono di due tipi:

²⁹ B. Williamson "The Social life of AI in Education" in International Journal of Artificial Intelligence in Education (2024) 34:97–104

- Un primo è costituito da aziende del settore editoriale e nuove start up che costruiscono modelli di attività economica basato su piattaforme. Questo modello di business mira a fidelizzare gli studenti, i docenti e le istituzioni, offrendo accesso a contenuti e servizi, in particolare a strumenti per la collaborazione e l'interazione.
- Un secondo tipo è rappresentato dalle aziende che forniscono i cloud per il funzionamento dei servizi. Si tratta delle note "big tech", Google, Amazon, Microsoft.

In passato le aziende hi-tech che lavoravano nel settore dell'istruzione avevano costruito modelli di business basati su relazioni con le istituzioni scolastiche-universitarie e solo raramente con i singoli studenti o docenti³⁰. Esse fornivano dei software per la gestione delle procedure amministrative e raramente strumenti per il supporto alla didattica. In genere, il rapporto con il sistema scolastico, al netto della manutenzione dei software venduti, terminava al momento della consegna dello strumento informatico.

Oggi il modello aziendale delle EdTech è differente. Esso è basato sullo strumento della piattaforma che utilizza l'Intelligenza Artificiale per produrre a basso costo servizi per studenti, professori e istituzioni.

Questi servizi sono generalmente costituiti da:

- Supporti bibliotecari
- Servizi di tutoraggio individuale
- Supporti informativi alla gestione operativa
- Procedure di valutazione dei risultati formativi raggiunti dagli studenti
- Procedure di valutazione dei risultati di performance di una singola istituzione, ma anche di un intero sistema scolastico regionale e nazionale.

La particolarità e la novità dello strumento della piattaforma è la continuità del rapporto: le piattaforme guadagnano fornendo un servizio continuo nel tempo. I potenziali clienti sono attratti da servizi gratuiti, che servono a formare una base alla quale proporre servizi più avanzati per i quali gli utenti sono disposti a pagare un canone periodico. Inoltre, le piattaforme di IA utilizzano i dati di tutti i clienti per migliorare e personalizzare i servizi.

Bisogna ricordare che i dati nei sistemi di IA hanno un valore fondamentale. I dati raccolti profilano gli studenti, il loro livello di conoscenze e i loro bisogni pedagogici. Queste informazioni sono la base per progettare la risposta educativa personalizzata sugli specifici bisogni dello studente.

Questi stessi dati possono poi essere generalizzati a tutta la popolazione con metodi inferenziali, per stimare i fabbisogni educativi di tutti gli studenti o di una parte specifica di essi. I dati raccolti sono poi utilizzati per allenare gli aggiornamenti delle intelligenze artificiali che ne migliorano ulteriormente le performance. Le aziende che usano il modello di business basato sulle piattaforme sono in genere colossi della tecnologia come Google, Microsoft e Amazon, che negli ultimi anni sono diventati degli importanti player nel settore dell'istruzione. Google, ad esempio, ha visto un'enorme crescita nell'uso della sua piattaforma cloud Google Classroom per l'apprendimento online. Google ha anche iniziato a introdurre nuove capacità basate sull'intelligenza artificiale, come l'apprendimento personalizzato adattivo e i servizi di tutoraggio

³⁰ B. Williamson "The Social life of AI in Education" in International Journal of Artificial Intelligence in Education (2024).

automatizzato, oltre ad altri servizi a pagamento, come parte della sua strategia di lungo termine di crescita nel settore.

Amazon è diventata un promotore chiave dell'uso dell'intelligenza artificiale nell'educazione, soprattutto fornendo servizi di cloud computing che alimentano gran parte dell'industria delle tecnologie educative (EdTech). Molte start-up e piattaforme EdTech, infatti, utilizzano i data center di Amazon, i Web Services (AWS), per offrire i propri servizi di Intelligenza Artificiale alle scuole e università. Questa posizione dominante conferisce ad Amazon un enorme potere nel determinare le linee di sviluppo dell'IA nel settore dell'educazione capace di influenzare le scelte delle istituzioni scolastiche e universitarie.

Nel linguaggio del settore tecnologico, le grandi aziende come Amazon, Microsoft, Google sono definite "hyperscalers". Queste imprese usano le loro gigantesche infrastrutture cloud e la loro posizione di forza nella relazione con i loro utenti per espandere massicciamente i loro servizi che vengono sviluppati a partire dai dati raccolti dagli utenti stessi. Nel settore educativo le hyperscalers stanno imponendo la loro Intelligenza Artificiale, integrando e rendendo indispensabili l'uso delle proprie tecnologie proprietarie nella routine scolastica.

Questo modello di business presenta delle criticità per le istituzioni scolastiche in particolare quando queste non definiscono chiaramente nei contratti la proprietà dei dati e strumenti di tutela della privacy.

In genere la letteratura scientifica segnala il pericolo della formazione di monopoli e di controllo economico da parte Amazon, di Google o di Open AI, che attraverso la fornitura di servizi cloud, controllano di fatto le aziende startup EdTech che dipendono da queste aziende per la fornitura dei servizi alle istituzioni scolastiche e agli studenti.

IA E POLITICHE PER L'EDUCAZIONE

Lo sviluppo dell'IA nei sistemi educativi sarà in gran parte determinato dai pubblici poteri che svolgono un ruolo cruciale nella definizione delle politiche educative. I pubblici poteri potrebbero per esempio influenzare le condizioni per lo sviluppo dell'IA nei loro sistemi educativi stabilendo i requisiti necessari per l'adozione di questa nuova tecnologia.

Una parte della letteratura mette in guardia i decisori politici da un approccio troppo ottimistico sui risultati positivi dell'adozione dei sistemi di IA nei sistemi educativi³¹. Questi autori sottolineano l'importanza di valutare i rischi e di predisporre politiche pubbliche che minimizzino gli effetti negativi non desiderati.

In questi lavori si ricorda inoltre che, negli ultimi decenni, nei paesi occidentali si sono avviate politiche educative influenzate dal pensiero neo liberale. Tali politiche hanno introdotto nella gestione delle scuole logiche di quasi-mercato, basate sui principi di efficienza e di responsabilità. Tali metodologie gestionali prevedono una raccolta sistematica di dati usati ai fini di monitoraggio e valutazione. I risultati delle valutazioni sono poi posti alla base di sistemi di

³¹ B. Williamson "The Social life of AI in Education" in International Journal of Artificial Intelligence in Education (2024) 34:97–104.

finanziamento incentivanti che premiavano le istituzioni che raggiungono gli obiettivi e penalizzano quelle meno virtuose.

Riducendo i costi di monitoraggio, l'introduzione dell'IA è in grado di accelerare la tendenza alla privatizzazione dei sistemi scolastici generando il pericolo che gli algoritmi intelligenti di monitoraggio e valutazione possano sostituire totalmente il giudizio umano sulla qualità ed efficacia delle attività educative.

Secondo questo punto di vista un'eccessiva fiducia nell'uso dell'IA nell'istruzione porterebbe a sottovalutare anche altri effetti negativi dell'introduzione di questa tecnologia. Tra le principali criticità si evidenziano gli impatti negativi sul corpo docente, con una possibile riduzione del ruolo critico e analitico degli insegnanti, che potrebbe indebolire la capacità di valutare in modo approfondito e personalizzato le performance degli studenti.

Aprire il settore dell'istruzione pubblica alla collaborazione con le aziende EdTech offre sicuramente numerosi vantaggi, ma richiede anche una profonda riflessione sul ruolo che questi nuovi attori svolgeranno nel plasmare l'organizzazione e i percorsi formativi delle scuole e delle Università dei prossimi decenni. Le aziende private, investendo nell'introduzione dell'IA nell'istruzione, non si limiteranno a fornire servizi e strumenti tecnologici, ma contribuiscono a ridefinire i sistemi educativi del futuro.

Pur evitando allarmismi, è essenziale riconoscere che, per le aziende EdTech, lo sviluppo dell'IA nel settore educativo, non ha uno scopo sociale, ma è parte integrante delle loro strategie aziendali, orientate alla creazione di valore economico. È quindi cruciale una equilibrata governance dell'introduzione dell'IA nei sistemi educativi per garantire che gli interessi nuovi soggetti privati si integrino con gli obiettivi di equità e inclusività che caratterizzano la missione del sistema educativo pubblico.

PROBLEMATICHE ETICHE DELL'IA IN EDUCAZIONE

L'introduzione dell'IA nel campo dell'istruzione solleva diverse questioni etiche. La preoccupazione principale riguarda la potenziale discriminazione algoritmica. Se i dati utilizzati per addestrare i sistemi di IA riflettono pregiudizi preesistenti, come la sotto rappresentazione di determinate categorie di studenti, l'IA potrebbe perpetuare e amplificare queste disuguaglianze. Ad esempio, un sistema di valutazione basato su dati occidentali potrebbe svantaggiare studenti provenienti da culture diverse.

Un altro problema riguarda la privacy e la protezione dei dati degli studenti. L'IA del settore educativo raccoglie enormi quantità di dati sensibili, e la loro corretta gestione è fondamentale per tutelare la privacy e prevenire abusi.

Inoltre, l'eccessiva fiducia nell'IA potrebbe minare il ruolo dell'insegnante e la sua capacità di giudizio e adattamento. È pertanto cruciale garantire che l'IA sia utilizzata come strumento di supporto, mantenendo l'insegnante al centro del processo educativo. Infine, la dimensione economica e politica dell'IA nel settore educativo solleva interrogativi sull'influenza delle aziende EdTech e degli investitori privati, e sulla possibilità che l'IA venga utilizzata per promuovere agende politiche specifiche. È necessario un dibattito aperto e critico per affrontare queste sfide etiche e garantire che l'IA nel settore educativo sia utilizzata per promuovere un'istruzione equa, inclusiva e di alta qualità per tutti gli studenti.

CONCLUSIONI

L'analisi fin qui condotta consente di trarre alcune conclusioni sull'introduzione dell'IA nel settore dell'istruzione. L'IA nel settore educativo si configura come strumento multidimensionale, con implicazioni significative a livello sociale, economico e politico. Sebbene il potenziale trasformativo dell'IA possa suscitare entusiasmo, è cruciale adottare un approccio critico e consapevole. In primo luogo, emerge la necessità di superare una visione tecnocentrica dell'IA nel settore educativo. Questa tecnologia non può essere considerata neutrale poiché il suo sviluppo e la sua applicazione sono inevitabilmente influenzati da una molteplicità di fattori sociali, economici e politici. Una comprensione storica e contestualizzata dell'IA nel settore educativo appare essenziale per evitare semplificazioni e per affrontare con spirito critico la complessità del fenomeno. È fondamentale utilizzare sempre le conoscenze delle scienze educative per valorizzare la complessità e la diversità dei processi di apprendimento, evitando di omogeneizzarli secondo modelli standardizzati dell'intelligenza artificiale.

In secondo luogo, è stato osservato il peso crescente del settore privato nel processo di introduzione dell'IA nel settore educativo. Le aziende EdTech, sostenute da consistenti investimenti di capitale di rischio, saranno potenzialmente in grado di plasmare il futuro dell'istruzione con le loro soluzioni basate sull'intelligenza artificiale. Il nuovo modello di business delle EdTech, incentrato su piattaforme e dati, solleva preoccupazioni circa la crescente influenza delle grandi aziende tecnologiche, come Google, Microsoft e Amazon. Il rischio di monopoli e di un'eccessiva dipendenza della formazione delle future generazioni da tali attori richiede una valutazione attenta e, se necessario, interventi regolatori mirati.

In terzo luogo, l'intelligenza artificiale nell'educazione viene sempre più considerata uno strumento politico. L'interesse da parte dei governi è alimentato dalla promessa di miglioramenti in termini di efficacia dell'apprendimento e di efficienza dei processi di produzione del servizio. È fondamentale però, evitare implementazioni affrettate e prive di una riflessione critica. L'introduzione dell'IA nel settore educativo fa infatti anche emergere nuove criticità etiche e sociali, che possono scaturire dall'automazione dei processi di valutazione, dai rischi di discriminazione algoritmica e dalla potenziale lesione della privacy degli studenti.

Il futuro dell'AIED richiede un impegno coordinato da parte di tutti gli attori coinvolti – ricercatori, educatori, responsabili politici, aziende EdTech e società civile – al fine di garantire un utilizzo responsabile, etico e inclusivo della tecnologia.

In conclusione, la letteratura scientifica evidenzia l'importanza di una sinergia tra lo sviluppo tecnologico e un'analisi critica. Solo attraverso una collaborazione interdisciplinare tra esperti tecnologici e studiosi delle scienze pedagogiche e sociali sarà possibile promuovere un IA nel settore educativo che sia non solo innovativa, ma anche equa e sensibile alle complesse dinamiche che caratterizzano il sistema educativo contemporaneo.

BIBLIOGRAFIA

- Alpaydin, E. (2021) *Machine Learning*. MIT Press.
- Aresu, A. (2024) Geopolitica dell'intelligenza Artificiale, Milano, Feltrinelli, Available at:
https://www.researchgate.net/publication/299561597_Intelligence_Unleashed_An_argument_for_IA_in_Education
<https://proceedings.neurips.cc/paper/2017/file/3f5ee243547dee91fdb053c1c4a845aa-Paper.pdf>
- Luckin, R., W. Holmes, M. Griffiths, and L. B. Forcier. (2016). *Intelligence Unleashed: An Argument for IA in Education*. London, Pearson Education.
- Medai (2019) Rosenblatt's Perceptron, the first modern neural network - A quick introduction to deep learning for beginners.
- Michael, W. (2024) Artificial Intelligence in Education: What Issues Do We Need to Start Considering Now? JISC Blog, Available at: <https://www.jisc.ac.uk/blog/artificial-intelligence-in-education-what-issues-do-we-need-to-start-considering-now>.
- Perrotta, C. Selwyn, N. (2020). Deep Learning Goes to School: Toward a Relational Understanding of IA in Education. *Learning, Medai and Technology*.
- Sraffa, P. (1960) Produzione di merci a mezzo di merci, Torino, Einaudi.
- Srnicek, N. (2016) Platform capitalism, New York, John Wiley and Sons Ltd.
- The Economist (2024), A short history of IA.
- The Economist (2024), IA Firms Will Soon Exhaust Most of the Internet's Data.
- The Economist (2024), IA Needs Regulation, but What Kind, and How Much?
- The Economist (2024), LLMs Will Transform Medicine, *Medai and More*.
- The Economist (2024), The Race Is on to Control the Global Supply Chain for IA Chips.
- The Economist (2024), Will Artificial Intelligence Transform School.
- TIME (2022) What's Next for IA in Higher Education? TIME, n.d.
- Turing, A. Computing Machinery and Intelligence" in Mind 1950.
- U.S. Department of Education Office of Educational Technology, *Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning*.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kitaev, Ł., & Polosukhin, (2017) Attention, Is All You Need. In Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2017), Curran Associates, Inc.
- Williamson B., Eynon R. (2020) Historical threads, missing link and future directions in IA in education in *Learning, Medai and Technology*. Available at:
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17439884.2020.1798995>
- Williamson, B. *The Social life of IA in Education* in International Journal of Artificial Intelligence in Education (2024).
- Wired (2023). – Chi era Frank Rosenblatt, l'inventore della prima intelligenza artificiale.
- Zuboff, S. (2023) Il capitalismo della sorveglianza. Il futuro dell'umanità nell'era dei nuovi poteri, Roma, Luiss University Press.

NOTE EDITORIALI

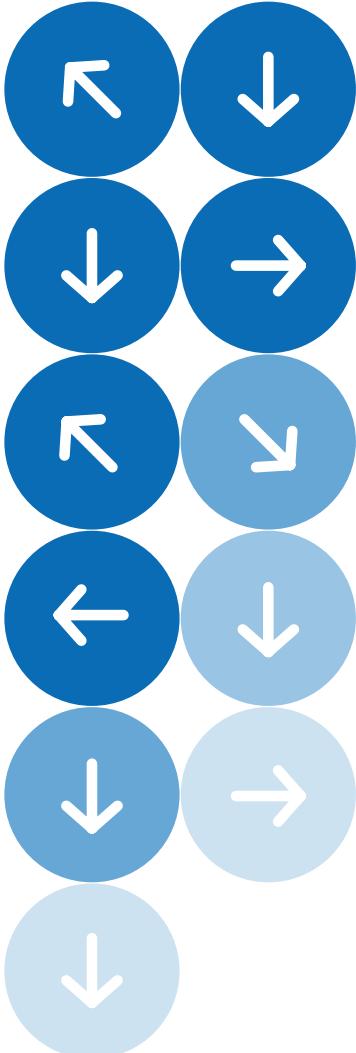
Editing
IRES Piemonte

Ufficio Comunicazione
Maria Teresa Avato

© IRES
Luglio 2025
Istituto di Ricerche Economico Sociali del Piemonte
Via Nizza 18 -10125 Torino

www.ires.piemonte.it

Si autorizzano la riproduzione, la diffusione e l'utilizzazione del contenuto con la citazione della fonte.



IRES Piemonte
Via Nizza, 18
10125 TORINO
+39 0116666-461
www.ires.piemonte.it