

Lucy IA 2020-2025

Verso un curriculum espansivo

A cura di Piergiuseppe Ellerani

Prefazione di Riccardo Luna



Processi
e Linguaggi
dell'Apprendimento

FrancoAngeli 



Processi
e Linguaggi
dell'Apprendimento

Direzione: Roberto Trinchero

Comitato direttivo

Funzioni: accoglienza delle proposte di pubblicazione e prima scrematura

Barbara Bruschi, Renato Grimaldi, Roberto Farné, Alberto Parola, Daniela Robasto, Barbara Sini, Simona Tirocchi

Comitato Scientifico

Funzioni: referaggio anonimo, con doppio cieco, mediante sistema on line

Michele Baldassarre, Federico Batini, Guido Benvenuto, Giovanni Bonaiuti, Vincenzo Bonazza, Antonio Calvani, Gianna Cappello, Lucia Chiappetta Cajola, Cristina Coggi, Barbara Demo, Luciano Di Mele, Piergiuseppe Ellerani, Ivan Enrici, Damiano Felini, Adelaide Gallina, Marco Gui, Antonio Marzano, Sara Nosari, Alessandro Perissinotto, Maria Ranieri, Paola Ricchiardi, Emanuela Torre, Carla Tinti, Giuliano Vivanet, Tamara Zappaterra.

La Collana accoglie studi teorici, storico-comparativi ed empirico-sperimentali riguardanti i processi e i linguaggi dell'apprendimento dalla primissima infanzia alla "grande anzianità". I testi proposti sono volti a indagare "come si apprende" nelle varie età della vita e come è possibile mettere in atto processi di formazione efficaci nel promuovere apprendimento, tenendo conto del dibattito contemporaneo in pedagogia, didattica, psicologia cognitiva, neuroscienze. In quest'ottica, i testi proposti esplorano i metodi, le strategie, le tecniche e gli strumenti efficaci nei percorsi di educazione, istruzione e formazione, scolastica ed extrascolastica, lungo tutto l'arco della vita.

Oggetti di interesse sono quindi l'educazione e la formazione improntate dall'evidenza quantitativa e qualitativa, l'apprendimento esperienziale in diversi contesti - dal gioco spontaneo del bambino all'interazione mediata dai social network -, i linguaggi medialti per l'apprendimento e le tecnologie in grado di promuoverlo, il potenziamento cognitivo come strumento per affrontare un vasto spettro di bisogni educativi, la *gamification*, la robotica educativa, la giocomotricità e le sinergie tra apprendimento cognitivo e motorio, lo *storytelling*, i prodotti mono e multimediali per l'infanzia e il gioco educativo nelle sue varie forme e accezioni.

La collana accoglie contributi di studiosi italiani e di altri paesi, sotto forma di monografie, volumi collettanei, rapporti di ricerca, traduzioni, descrizioni di esperienze e sperimentazioni in contesti scolastici ed extrascolastici.

Il Comitato direttivo e il Comitato scientifico intendono promuovere attraverso la collana un ampio, aperto e proficuo dibattito tra ricercatori, insegnanti, educatori e tutti gli studiosi che siano interessati ai processi e ai linguaggi dell'apprendimento nelle varie età della vita.

Ogni volume è sottoposto a referaggio con modello "doppio cieco".



Il presente volume è pubblicato in open access, ossia il file dell'intero lavoro è liberamente scaricabile dalla piattaforma **FrancoAngeli Open Access** (<http://bit.ly/francoangeli-oa>).

FrancoAngeli Open Access è la piattaforma per pubblicare articoli e monografie, rispettando gli standard etici e qualitativi e la messa a disposizione dei contenuti ad accesso aperto. Oltre a garantire il deposito nei maggiori archivi e repository internazionali OA, la sua integrazione con tutto il ricco catalogo di riviste e collane FrancoAngeli massimizza la visibilità, favorisce facilità di ricerca per l'utente e possibilità di impatto per l'autore.

Per saperne di più: [Pubblica con noi](#)

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio "[Informatemi](#)" per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

Lucy IA 2020-2025

Verso un curriculum espansivo

A cura di Piergiuseppe Ellerani

Prefazione di Riccardo Luna

FrancoAngeli 

La pubblicazione è stata realizzata con il contributo del Dipartimento di Scienze dell'Educazione "Giovanni Maria Bertin" dell'Alma Mater Studiorum - Università di Bologna,

Isbn e-book Open Access: 9788835185390

Copyright © 2025 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

Pubblicato con licenza *Creative Commons*
Attribuzione-Non Commerciale-Non opere derivate 4.0 Internazionale
(CC-BY 4.0).

Sono riservati i diritti per Text and Data Mining (TDM), AI training e tutte le tecnologie simili.

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore.
L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni
della licenza d'uso dell'opera previste e comunica sul sito
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

Indice

Prefazione , di <i>Riccardo Luna</i>	pag.	9
Presentazione , di <i>Fabio Ferrari</i>	»	11
Introduzione , di <i>Daniele Barca e Piergiuseppe Ellerani</i>	»	13

Parte prima

1. Le stagioni dell'IA, tra inverni e primavera, e il cambio di paradigma con i big data e la loro infrastruttura , di <i>Piergiuseppe Ellerani</i>	»	21
Prologo	»	21
1. L'AI Group del MIT: il muratore e gli algoritmi	»	23
2. Dalla mente per l'IA, all'IA per la mente	»	25
3. L'IA in educazione: tra buoni propositi e contaminazioni, tra intelligenza e intelligenze	»	29
4. Educare a pensare, nell'era dell'IA	»	34
5. La scuola e l'educazione tra le primavere delle fioriture e gli inverni freddi dell'appassimento: l'IA e le sue stagionalità cicliche	»	36
Conclusione	»	38
Bibliografia	»	39
2. Educazione e formazione del pensiero e dell'intelligenza (umana), oltre le stagioni dell'IA , di <i>Piergiuseppe Ellerani</i>	»	42
Prologo	»	42

1. Minsky, Papert e le radici del pensiero computazionale	pag.	44
2. Il costruzionismo di Seymour Papert: imparare a pensare progettando e programmando artefatti	»	47
3. Le evidenze di ricerca: efficacia nell'apprendimento dei concetti scientifici attraverso il pensiero computazionale e gli ambienti costruzionisti con strumenti IA	»	50
4. Dagli antecedenti del pensiero computazionale alle forme dell'essere Human-in-the-loop: pensiero riflessivo, critico, creativo. L'educazione democratica nel tempo dell'IA	»	52
4.1. Il pensiero riflessivo apertura alla metacognizione e comprensione dei LLM	»	52
4.2. Il pensiero critico che accompagna il cambiamento	»	54
4.3. Il pensiero creativo al tempo dell'IA	»	57
5. Lo sviluppo dei sistemi di funzioni per la formazione del pensiero superiore: l'attualità della teoria storico-culturale di Vygotskij nell'era dell'IA	»	59
5.1. Le proprietà "strutturali" della teoria	»	60
5.2. Le neuroscienze e il riconoscimento dei "sistemi di funzioni"	»	61
5.3. Guardare al futuro: visioni innovative, insegnamento/apprendimento, artefatti e generazione di creatività	»	63
5.4. Attraverso Vygotskij, la formazione del pensiero trasversale del multialfabeto nella mutazione antropologica	»	67
6. L'estate dell'IA: verso una didattica come zona di sviluppo futuro e delle intelligenze estese? Attraverso Vygotskij...	»	69
Bibliografia	»	72
3. Apprendere con l'IA. Una strada per la didattica che viene da lontano: la tradizione dei LAB, l'innovazione degli strumenti, di Piergiuseppe Ellerani	»	79
Prologo	»	79
1. Il laboratorio come contesto e metodo per lo sviluppo delle intelligenze	»	82
1.1. Once upon a time...	»	84
2. I tratti di un laboratorio come scuola delle intelligenze	»	96

3. Il laboratorio contesto di attivazione della conoscenza latente	pag.	99
4. Making tinkering coding: la scuola laboratorio nel tempo delle STEM, del digitale, dell'AI4SG	»	102
4.1. Il making (maker education)	»	103
4.2. Il tinkering	»	105
4.3. Il coding	»	106
5. Laboratorio di making tinkering coding per l'AI4SG	»	107
Bibliografia	»	109
4. Un curriculum per lo sviluppo umano (2020-2025). Oltre l'IA, agency, cittadinanza, democrazia, di Piergiuseppe Ellerani e Pietro Monari	»	114
Prologo	»	114
1. Con Dewey: una scuola che trasforma. Dalla bussola, alla rotta, al cantiere (come in laboratorio)	»	117
2. Cosa mostrano le evidenze di ricerca sui curricoli e IA	»	122
3. Il curriculum IA dell'UNESCO 2024: AI CFS un percorso triennale	»	128
4. La proposta di OECD 2025: AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education	»	133
5. La proposta della Repubblica Popolare Cinese (RPC): educazione potenziata dall'IA	»	141
6. Il curriculum Lucy IA: un'idea di scuola 2020-2025	»	143
6.1. Le tecnologie come strumento per lo sviluppo del pensiero superiore	»	144
6.2. Lucy IA: un syllabus verso l'intelligenza estesa e ibridata	»	145
6.3. Lucy IA: stimolare un apprendimento basato sui problemi e sensoriale, supportato da un pensiero creativo	»	146
6.4. Il framework di Lucy IA 2020-2025	»	148
6.4.1. Il modulo di Preparazione	»	149
6.4.2. Il modulo di Partecipazione	»	149
6.4.3. Il modulo di Elaborazione/Creazione	»	150
6.4.4. L'organizzazione del curriculum Lucy IA	»	154
6.5. Se l'intelligenza artificiale non esiste... Oltre l'IA: agency, cittadinanza, democrazia	»	159
Bibliografia	»	164

Parte seconda

5. Gli elementi progettuali del curriculum Lucy IA , di <i>Piergiuseppe Ellera</i>	pag. 171
Introduzione	» 171
1. La collaborazione tra saperi, integrazione oltre le discipline	» 173
2. Le schede progettuali	» 175

Parte terza

6. Formare i docenti alle competenze di intelligenza artificiale: analisi di alcuni framework di riferimento , di <i>Luca Ferrari</i>	» 193
Introduzione	» 193
1. La competenza digitale: un costrutto in costante evoluzione	» 194
2. Il framework UNESCO per le competenze di IA degli insegnanti	» 196
3. Il framework OECD: verso l'alfabetizzazione IA per studenti e insegnanti	» 199
4. Tentativi di classificazione dei framework	» 200
Conclusioni	» 203
Bibliografia	» 204

Postfazione. Educare per pensare il mondo che viene , di <i>Luca Baraldi</i>	» 207
---	-------

Prefazione

di *Riccardo Luna**

È più facile vietare che integrare. È più facile chiudersi che aprirsi. È più facile alzare un muro che costruire un ponte. E quindi non sorprende l'atteggiamento di estrema cautela che c'è in Italia rispetto all'introduzione dell'intelligenza artificiale a scuola.

“Facciamo una sperimentazione, un progetto pilota, prendiamo dieci classi e vediamo che succede” sono tutte cose che figurano nei primi punti del manuale degli innovatori mancati. Si punta a guadagnare tempo, a fare un comunicato stampa per poter dire “qualcosa lo stiamo facendo” e aspettare di capire meglio.

In giro per il mondo per la verità accadono un sacco di cose: negli Stati Uniti, in Cina ma anche in diversi paesi europei l'intelligenza artificiale non è soltanto “un'altra materia”, ma è un nuovo modo di stare in classe, di insegnare e di apprendere. Del resto a scuola l'intelligenza artificiale ci è già arrivata, senza aspettare un decreto o un convegno, senza chiedere il permesso a nessuno, come accade di solito con le innovazioni destinate a cambiare radicalmente le cose. Ci è arrivata, però, nel mondo sbagliato: molti studenti la utilizzano per farsi fare i compiti; e molti docenti la utilizzano per correggerli. Si è attivato insomma un processo from machine to machine, dove l'elemento umano svanisce e ne usciamo tutti impoveriti.

Va riconosciuto che l'estrema cautela della politica è giustificata dal disastro che gli smartphone e i social hanno fatto e continuano a fare rispetto alla crescita e all'apprendimento dei giovanissimi. La distrazione di massa che si è registrata nelle classi di mezzo mondo è sicuramente imputabile anche al dilagare dell'utilizzo dei telefonini anche in classe. Ma va detto che non si verifica in tutti quei casi in cui gli strumenti digitali sono inte-

* Editorialista del quotidiano “Corriere della Sera”.

grati nella didattica e non subiti o tollerati da docenti che accettano di far lezione mentre gli studenti chattano o navigano per i fatti propri.

Insomma il boom dell'intelligenza artificiale arriva proprio quando nel mondo prendono piede i movimenti di genitori e docenti per delle scuole senza smartphone: aprirsi a Chat GPT e simili in questo momento appare come una torsione psicologica che si fa fatica a fare. Eppure va fatta. Questa rivoluzione va gestita. Non solo per ridurre l'impatto di un uso sbagliato dell'AI; e per dare a tutti la consapevolezza di cosa sono e come funzionano questi strumenti (ed evitare che vengano considerati oracoli infallibili). Questa rivoluzione va gestita perché può portare enormi benefici all'apprendimento dei ragazzi realizzando quella promessa di didattica personalizzata di cui si parla da anni. Utilizzata correttamente l'intelligenza artificiale può aumentare la disponibilità ad apprendere un dato contenuto e può consentire al docente di monitorare progressi e difficoltà di ciascuno ed intervenire tempestivamente. Insomma non vanno ripetuti gli errori commessi con il web e i social: la tecnologia è uno strumento non il fine della scuola, ma in questo caso è uno strumento che può rimettere al centro i sogni e i bisogni di ciascuno e può quindi darci una scuola in cui il fattore umano diventa ancora più centrale.

Presentazione

di *Fabio Ferrari**

Chi ha detto che l'intelligenza artificiale debba insegnarci solo a calcolare meglio?

Quando abbiamo dato vita al progetto Lucy, non volevamo spiegare cos'è l'IA. Volevamo costruire le condizioni per porre domande nuove su chi siamo noi. Perché se l'IA sarà sempre più presente nella nostra quotidianità – a scuola, al lavoro, nelle relazioni – allora il nostro compito non è solo imparare a usarla. È imparare a non farci usare da lei. E questo non si fa solo con le competenze tecniche, ma con una cultura viva, interrogante, capace di immaginare e scegliere.

Lucy nasce da una convinzione semplice ma radicale: non possiamo più lasciare che la scuola rincorra la tecnologia. Dobbiamo riportare al centro la domanda: che cosa significa essere intelligenti, oggi? Per chi lo siamo? E verso quale idea di futuro?

La scuola IC3 Mattarella e Ammagamma hanno avuto il coraggio di accogliere questa sfida e sperimentare un percorso lungo 3 anni che non addestra ma educa. Non trasferisce conoscenze, ma costruisce significati. Un progetto che unisce coding e filosofia, etica e robotica, storie e matematica. Perché l'intelligenza non è solo trasmissione di informazioni, ma compressione del rumore. E oggi il rumore è tanto. Troppo. Anche dentro le nostre teste.

Lucy è il tentativo di creare una nuova grammatica: per leggere l'IA, ma anche per non smettere di leggere noi stessi. Una grammatica che unisce i saperi, abbatte i confini discipline, restituisce alla scuola la sua funzione originaria: essere un laboratorio di umanità, non un corso di aggiornamento sul futuro.

* Fondatore e Presidente di Ammagamma.

In un'epoca in cui la conoscenza viene delegata ai modelli, serve il coraggio di fare l'opposto: coltivare la coscienza. Quella che non si simula, come ci ricorda il geniale Federico Faggin. Quella che nasce solo dall'incontro tra esperienze diverse, dal dialogo tra sguardi, dal tempo lungo che serve per pensare insieme.

Lucy non è un progetto. È un inizio. Di una visione, di una pratica, di una piccola controcultura che vuole ricordarci che essere intelligenti non significa solo “funzionare”. Significa scegliere chi diventare.

Introduzione

di *Daniele Barca** e *Piergiuseppe Ellerani*

Viviamo in un'epoca complessa, dove è difficile sperare. Mentre scriviamo, l'insicurezza, la paura del futuro, l'incertezza del diritto e dei diritti, il ruolo crescente dei social nel determinare un aumento di incomunicabilità, l'affermarsi di una innovazione come l'Intelligenza artificiale ai più ignota nel suo funzionamento, tanto quanto più facile all'uso e più disponibile di ogni altra "diavoleria" digitale conosciuta, attraversano tutte le dimensioni della vita dei singoli e delle comunità. Figurarsi la principale comunità educativa, la scuola.

A spanne, ogni mattina, aprono più di 40.000 plessi, 8.000 scuole, si recano quasi 10 milioni di studenti e quindi di famiglie, 1 milione di lavoratori. Scherzando, circa 20 milioni di genitori, 40 milioni di nonni... La scuola non fa parte del paese, è il paese.

Quindi, la grande trasformazione cui ci obbliga l'intelligenza artificiale riguarda la scuola, riguarda tutti. Sono consapevole che questa sia una affermazione anapodittica, senza spiegazione, ma ritengo anche che appartenga a quel fenomeno immersivo, attuale, quotidiano, che è l'Onlife di "floridiana" citazione (il filosofo della scienza Luciano Floridi). Avete provato tutti la convivenza tra realtà e virtuale, tra sportello e SPID, tra negozio ed Amazon. Con tutte le conseguenze che ne derivano: provare la taglia in presenza per comprare on line, l'applicazione on line che ti redarguisce perché hai ordinato una taglia diversa da quella che abitualmente acquisti.

Ecco l'IA è, a mio parere, proprio l'estrema prova di questo Onlife. La caldaia non va? Il display dell'automobile non regola più il riscaldamento o l'aria condizionata? Bene. Digiti la richiesta in qualsiasi motore di IA ed

* Dirigente Scolastico IC3 Mattarella di Modena.

ecco la risposta per punti, passaggi, con documentazione testuale o video allegata. Compreso il passaggio estremo dell'ibridazione: se tutto questo non funziona, contatta il tecnico o vai in officina, i più vicini a te, se hai il localizzatore attivo. La realtà ricompare con tanto di numero telefonico, indirizzo e recensioni.

Questo tsunami IA si è abbattuto sulla scuola, nella forma più tipica del risparmio di fatica: aiuta a copiare, sostituisce la ricerca e l'approfondimento, è una scorciatoia, con annessa paura che ci renderà stupidi e prenderà il posto della nostra intelligenza. Poco conta che l'IA non sia una scoperta dell'oggi, ma è all'origine di molte innovazioni quotidiane che ci fanno comodo e di cui non vogliamo fare a meno.

Nel momento in cui è stata resa facile all'uso, tramite i chat bot e i prompt o l'integrazione nei motori di ricerca in internet, tanto da far confondere la ricerca con il risultato, ecco in quell'esatto momento è entrata nella nostra vita, più immediata e presente di ogni altra tecnologia finora affermata ed esistita.

Si pensi anche ai chat bot cui si rivolgono gli adolescenti come confidenti o supporti psicologici. O alla storia di quel ragazzo che nei social (oramai integrati con IA) conosce una ragazza e si fa aiutare nelle risposte dal chatbot, novello Cyrano, a conquistarla, salvo poi non reggere (lui, impacciato e timido) la prova del primo appuntamento. Le donne – loro sì, intelligenze naturali – ti “sgamano” subito...

Velocità, potenza di elaborazione, calcolo statistico e probabilistico, dataset in realtà finiti ma, per la nostra immaginazione, infiniti, disintermediazione e accesso, teaching machine (l'uomo solo davanti alla macchina che impara o ricerca) – giusto per citare alcune delle caratteristiche salienti – sono già elementi poco coerenti con la scuola per come la conosciamo noi.

La scuola, invece, è lentezza, sedimentazione, rielaborazione sul minimo, informazioni finite, mediazione nell'accesso al sapere da parte del docente, relazione e cooperazione. Ha altre coordinate, come è evidente, quindi questo matrimonio s'ha da fare?

La storia che è narrata in questo volume è la storia di un matrimonio in fase avanzata, essendo stato sancito nel 2020 tra l'IC3 di Modena, scuola secondaria di primo grado Mattarella ed una società, Ammagamma, che voleva sperimentare un modo diverso di fare didattica con le nuove tecnologie a scuola. Così è nato Lucy, il percorso di intelligenza artificiale under 14 che nel 2024 ha ricevuto l'avallo delle linee guida IA per docenti e studenti dell'UNESCO e che a fronte delle linee guida del MIM risulta pienamente in linea, per i suoi aspetti human centered, di didattica attiva ed orientante, di etica che deriva dalla conoscenza.

A scuola cadiamo da sempre in equivoci fuorvianti sull'uso delle tecnologie, sin dal 1995, anno del primo Piano di Sviluppo delle Tecnologie Didattiche (PSTD) e nei successivi FORTIC, PON, PNSD e, attualmente, PNRR. Le pensiamo neutre, strumenti che accompagnano tranquillamente le nostre prassi didattiche in presenza (lezione, interrogazione, verifica scritta), ma hanno le loro regole. Sono mimetiche ma impongono il loro gioco: si pensi alla DAD, dove l'errore era pensare che uno strumento come l'e-learning, nato e acconcio per brevi plenarie a distanza di uno a molti in sincrono, o per la somministrazione di MOOC o video lezioni uno a moltissimi in sincrono ed asincrono, o per il lavoro a piccoli gruppi in sincrono, potesse essere la versione 2.0 della lezione in aula in presenza, sincrona, con una prossemica potente, dove il contatto visivo e fisico è dominante.

Niente di più fuorviante, esattamente come l'effetto wow e la promessa di mirabilia dell'IA che, per sua natura, restituisce sulla base del calcolo probabilistico ciò che c'è in rete, non altro, tanto che l'IA pensa a se stessa come qualcosa di cui vagliare i rischi attentamente (provare per credere un prompt in cui si chiede cosa pensa di se stessa).

Questa presunta neutralità e mimeticità delle tecnologie ha fatto sì che a scuola fossero concepite come altro, quella cosa da nerd, di cui si occupano pochi iniziati, in spazi misterici chiamati laboratori.

Paradossalmente, però, proprio mentre pensavamo di neutralizzarla (il motivo per cui il digitale nelle scuole italiane non sfonda), è arrivata una tecnologia che attacca il cuore della scuola: i contenuti. Patrimonio del libro e del docente, sacerdoti del contenuto, per la prima volta è appannaggio della "téchne" e non della "sophia". Perché non solo rielabora un altissimo numero di informazioni/dati/notizie, ma perché la stessa rielaborazione ottenuta, il frutto del nostro prompt, ridiventa contenuto e si reimmette in circolo. Non per buttarla in filosofia, ma per la prima volta un agente non umano si intromette nel rapporto maestro-discepolo, domanda-risposta.

Quindi, l'IA è un agente culturale e, credo, finché non lo considereremo tale a scuola, ma lo relegheremo nel contesto macchina/laboratorio, sarà sempre estraneo al vero apprendimento. Come se pensassimo che i Promessi sposi fossero considerati solo una bella pagina di letteratura e non un modello di lingua, società, storia, etica, religione, arte, tecnologia, lingua dell'epoca rappresentata, il cui smontaggio permette di appropriarci di strutture e saperi.

L'IA è, analogamente, multidisciplinare, legata ai linguaggi ed al senso critico, ha bisogno dell'altro, regola, logica. Se smontata per un ragazzino in via di formazione e della scoperta dei suoi talenti, può essere una palestra di messa alla prova delle sue competenze, anche minime e divergenti.

Lucy e il suo Syllabus rappresentano proprio il tentativo di conciliazione in chiave didattica tra una nuova tecnologia e la scuola delle competenze, al riparo dai rischi di “svendita” dell’identità digitale di studenti under 14, con uno stile di apprendimento che è la partecipazione, con una modalità di realizzazione che è la didattica attiva, con un’articolazione che si basa sullo “smontaggio” degli input, degli output, dell’algoritmo, degli strumenti tecnologici ed etici alla base dei learning model e dei LLM. Perché la scuola è questo: andare all’origine dei saperi, per ricostruirli. È quello che si fa in ogni disciplina. Si usano i modelli, si smontano, e si riproduce il funzionamento. Accade nelle lingue, nelle scienze, nell’arte, perché non nella tecnologia che ha una vocazione eminentemente pratica, costruttiva?

E non farlo da soli. Ecco, in questo senso il titolo di questo contributo. Quando si è in crisi, si vivono tempi duri, ho imparato nel mio mestiere di preside che bisogna guardare ai fondamentali. Lucy ha rappresentato la risposta di una scuola pubblica statale alle vorticose trasformazioni in atto, ma sempre guardando ai principi.

Che cosa è la scuola italiana oggi? È Apprendere In Relazione. Quindi, abbiamo immaginato un percorso in cui la cooperazione non fosse solo argomento da convegno, ma fosse messa in atto nei tre anni di Lucy, nelle tre caratterizzazioni del curriculum: Preparazione, Partecipazione, Elaborazione. Un percorso in cui il dettato dell’art. 3 della Costituzione “rimuovere gli ostacoli economici e sociali che impediscono la piena realizzazione dell’uguaglianza, garantendo il pieno sviluppo della persona umana e l’effettiva partecipazione di tutti” fosse assicurato con una didattica attiva e personalizzata in cui se lo studente non ha sviluppato ancora una competenza, mette a disposizione quella che gli è propria per sviluppare, avvicinandosi per contatto alle altre discipline coinvolte nelle pratiche dell’IA, anche le altre e ridurre il divario.

Ciò anche in previsione della Legge 19 febbraio 2025, n. 22, per far sì che introdurre lo sviluppo delle competenze non cognitive e trasversali nei percorsi scolastici e di formazione professionale italiana, con l’obiettivo di promuovere lo sviluppo completo della persona, di integrare i saperi e di prevenire la dispersione scolastica, non passi attraverso la creazione di nuove discipline, ma attraverso la realizzazione di curricula autonomi come Lucy in cui la persona dialoga con i saperi multidisciplinari in maniera critica e lo sguardo al futuro.

Nei capitoli seguenti, raccolti in tre parti, proponiamo il percorso – teorico e metodologico – attraverso il quale si è co-costruito il curriculum Lucy IA. Il primo capitolo propone il viaggio storico dell’IA in education, e le sue differenti stagioni, attraverso un itinerario che incontra alcuni

autori che hanno indirizzato la ricerca educativa attuale. L'apertura storica anticipa l'esposizione delle finalità educative che sottendono le scelte operate nella realizzazione delle attività che hanno dato forma al curriculum: dalla teoria di Minsky e Papert e l'educazione al conseguente pensiero computazionale, al pensiero critico, riflessivo e creativo. La ricerca ha individuato, inoltre, nel pensiero – teorico e prassico – di Vygotskij un punto di riferimento necessario per giustificare le forme didattiche laboratoriali (di making tinkering coding) che hanno rappresentato l'organizzazione del contesto all'interno del quale allieve e allievi, esperti ed insegnanti, hanno operato con e su gli strumenti di IA. È attraverso questa tappa del viaggio che abbiamo riscoperto l'antico – ma sempre moderno – agire didattico di alcuni maestri anticipatori (Ciari, Castelnuovo, Freinet) che già avevano sviluppato metodologie didattiche per lo sviluppo del pensiero scientifico (oggi STEM), seppure al tempo mal sopportati e scarsamente valorizzati. Le evidenze delle neuroscienze, oggi incontrate nel nostro viaggio di ricerca, restituiscono valore sia alla teoria vygotskijana che degli anticipatori che ponevano la didattica laboratoriale al centro delle esperienze di apprendimento. L'IA, come strumento all'interno delle metodologie cooperative di making tinkering e coding, ha permesso di intravedere la sua parte “buona”, come è stata definita da Luciano Floridi, ovvero ha permesso la realizzazione degli artefatti di un'IA per il bene sociale (della scuola e del territorio in cui essa abita. Ed è da questa prospettiva che ha preso forma l'idea della proposta curricolare nell'anno scolastico 2020-2021 – sviluppato e compiuto per il primo triennio, avviato quasi concluso il secondo – confrontandosi (e per una certa misura anticipando) con le proposte che nel frattempo venivano presentate di UNESCO e OECD. La seconda parte del volume presenta la comparazione dei diversi curricula e fornisce il riscontro metodologico e progettuale (il QRCode permette l'accesso a tutti i materiali didattici esecutivi Creative Commons). La co-costruzione del curriculum è stata opera collettiva e di comunità di apprendimento, nella quale esperti, insegnanti, ricercatori, dirigenti, allievi, genitori si sono formati facendo ricerca. Ed è ovvio che nuove metodologie nella formazione dei docenti debbano aprirsi al fine di fare e vivere esperienze nelle quali l'IA non solo è compresa come strumento didattico, ma anche come contesto che può creare nuove condizioni per lo sviluppo professionale. Il sesto capitolo affronta, in questa direzione, il curriculum nella prospettiva degli insegnanti.

Il viaggio non è concluso, ovviamente: ha solo costruito alcuni elementi di sistema – organizzativi, metodologici, didattici e valutativi – dai quali trarre nuovi indicatori per raccogliere evidenze plurali verso un avanzamento della ricerca sull'IA (e con l'IA). Compagne e compagni di viaggio

hanno rappresentato il permanente valore riflessivo e partecipativo, creativo e critico, di cura e di sostegno, essenza di quella piccola comunità di pratica che ha raggiunto un primo esito, e che è destinata ad estendersi: un grazie non formale ad ognuna delle insegnanti e ognuno degli insegnanti che hanno trasformato l'idea di scuola in agire intenzionale; a Luca Baraldi e Pietro Monari per la genesi della progettazione didattica creativa e il senso che assume l'IA nello sviluppo del pensiero. Ad Ammagamma per aver scelto l'innovazione in un contesto di innovazione.

Una nota metodologica finale.

Per la redazione dei capitoli 2 e 3 è stata utilizzata la piattaforma bibliografica *Consensus:AI* come motore di ricerca iniziale, iterando le query con raffinamenti progressivi. Il processo si è articolato in quattro fasi documentate:

- Scoping e raccolta (n=463): a partire da domande guida pre-registrate, abbiamo eseguito ricerche multilingue (IT/EN) su Consensus:AI, integrando banche dati tradizionali e volumi.
- Screening su abstract (n=280): sono stati utilizzati criteri di inclusione/esclusione predefiniti (rilevanza tematica, pertinenza educativa, contesto scolastico/K-12 o comparabile, qualità metodologica).
- Valutazione critica e comparazione (n=127): le fonti sono state sottoposte a lettura di pertinenza. Sono stati utilizzati prompt di comparazione strutturati in ChatGPT (versione Pro) per mappare aree di pertinenza, sovrapposizione e divergenza rispetto all'ipotesi del ricercatore, restituendo commenti dei testi. Ogni output IA è stato sottoposto a revisione umana.
- Sintesi e selezione finale (bibliografia): le 127 fonti ritenute affidabili sono state sintetizzate in quattro cluster tematici – teorico, metodologico, didattico, neuroscientifico. La bibliografia finale presente a conclusione dei capitoli include le fonti con elevato rapporto utilità/qualità, garantendo la pertinenza tematica.

Parte prima

1. Le stagioni dell'IA, tra inverni e primavera, e il cambio di paradigma con i big data e la loro infrastruttura

di Piergiuseppe Ellerani

Prologo

A volte, la storia della conoscenza si disegna come un susseguirsi di stagioni: primavere rigogliose, dense di scoperte e visioni; inverni critici, nei quali le promesse sembrano svanire nel gelo dello scetticismo. Così è accaduto per l'intelligenza artificiale. Oltre allo sviluppo tecnologico l'alternanza delle fioriture stagionali fa emergere, nel campo educativo, analoghe ricadute, dove il senso della scuola si intreccia con la sua capacità di formare intelligenze, ridurre i gap, innescare processi virtuosi di cittadinanza e di innovazione. Ma, come spesso accade, esistono anche inverni e primavere che con la scuola poco avrebbero a che fare, ma che ne indirizzano il senso e i significati.

Dartmouth College, Summer School, 1955. John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon proposero una summer school presso il Dartmouth College. Nella proposta, redatta da McCarthy, compariva per la prima volta l'espressione "Artificial Intelligence": una scelta lessicale deliberata, distinta da termini come "cybernetics" o "automata theory", per segnare l'ambizione di dare vita a un campo di studio autonomo. Il progetto, sostenuto e finanziato dalla Rockefeller Foundation, intendeva «to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it» (McCarthy et al., 1955).

Quella scuola estiva fu il primo passo verso una disciplina che cercava di simulare la mente umana attraverso modelli computazionali. Ma dietro l'ambizione teorica, vi era un contesto culturale e di visione molto più ampio: la Guerra Fredda, la competizione per la supremazia scientifica, l'ossessione per la razionalità meccanica come arma cognitiva del blocco occidentale.

Mosca, 1957. Lo Sputnik anticipa la tecnologia statunitense e genera il cosiddetto “missile gap”. Il 4 ottobre 1957, l’Unione Sovietica lancia lo Sputnik, il primo satellite artificiale della storia. Per la cultura americana fu uno shock epocale: non solo l’URSS aveva battuto gli USA nello spazio, ma lo aveva fatto con una tecnologia che sembrava inaccessibile. Questo evento, noto appunto come “missile gap”, generò una crisi profonda nel mondo politico e accademico statunitense. Il Rapporto della commissione presieduta da Gardner J. W. (1958; 1960), presidente della Carnegie Corporation, redatto all’interno dello Special Studies Project “The Pursuit of Excellence” della Rockefeller Brothers Foundation¹, indicava chiaramente il bisogno di rafforzare la formazione scientifica degli studenti americani e di rinnovare profondamente la didattica, con un’idea di fondo molto interessante: la scuola deve servire tutti, però deve anche valorizzare i più capaci attraverso percorsi differenziati, dove la qualità dell’insegnamento è una leva centrale rafforzando perciò la loro formazione.

Dagli esiti dei rapporti, seguirono risposte massicce e sistemiche: l’educazione andava profondamente riformata per colmare il gap. Il sistema scolastico statunitense avrebbe dovuto formare generazioni di scienziati, ingegneri, matematici. Da qui prese corpo una vera e propria rivoluzione curricolare della quale, già anni prima, si avvertiva necessità. Nel 1956 al MIT di Boston, fu creato il “Physical Science Study Committee” (PSSC), finanziato dalla National Science Foundation, con l’intento di riformare l’insegnamento della fisica nelle scuole secondarie.

I protagonisti del progetto furono due fisici Jerrold Zacharias e Francis Freedman, che miravano a insegnare non solo formule, ma “la natura della scienza”, il metodo scientifico, il senso dell’indagine. Il PSSC divenne un modello di innovazione curricolare: nacquero libri, filmati, strumenti di laboratorio, ma soprattutto un nuovo approccio didattico e metodologico all’educazione scientifica. Zacharias e Freedman furono invitati – ne parleremo più avanti – da Jerome Bruner a Woods Hole, nel 1960. Per comprendere come i due fisici avessero già in mente un’azione profonda di attri-

1. Il Rapporto fu poi raccolto nel volume di sintesi *Prospect for America* (1960). In Italia è spesso richiamato come “Commissione Gardner (1958)” perché collocato nel quadro delle analisi sullo “stato della nazione” a fine anni ’50. Il Rapporto del panel anticipa il linguaggio dell’“eccellenza” che ritornerà nel dibattito degli anni ’80 con il Rapporto di un altro Gardner, D. P. (*A Nation at Risk*, 1983), presidente della Commissione insediata da Segretario dell’Educazione T. H. Bell, su *Excellence in Education* (1981). Il rapporto Rockefeller della Commissione Gardner J. W., anticipa il lessico e molte preoccupazioni poi rilanciate da *A Nation at Risk* che pone l’enfasi su standard più alti, curricoli più rigorosi (matematica, scienze, lingue), qualità dei docenti e leadership. Una linea di continuità tra fine anni ’50 e anni ’80.

buzione di senso del curriculum, ricordiamo uno degli assunti contenuti nel volume *The process of Education* (1960) curato dallo stesso Bruner post Woods Hole: «The curriculum should be guided not only by the structure of the subject matter, but by the structure of the learner's mind» (Bruner, 1960, p. 33). Ma, nello stesso tempo, «the success of Sputnik had the unintended consequence of spurring a golden age of federal funding for advanced research in artificial intelligence, particularly at MIT and Stanford» (Crevier, 1993, p. 89).

1. L'AI Group del MIT: il muratore e gli algoritmi

Boston, MIT, 1959. Nello stesso periodo del Rapporto Gardner (1958), e poco prima degli esiti della “Commissione sugli obiettivi della Nazione” istituita dal Presidente Eisenhower (1960)² nello stesso edificio dell'istituto di fisica del MIT, si aprirono i centri di didattica sia per i docenti dei corsi accademici, sia per gli insegnanti delle scuole superiori. Una forma di collaborazione innovativa che riduceva la filiera tra ricerca disciplinare e didattica. Poco distante, in un'altra palazzina, inizia a prendere qualche forma un nuovo gruppo di ricerca, l'*AI Group*, come risultato della Summer School di Dartmouth. È Marvin Minsky a dirigerlo, insieme a John McCarthy. L'intento era di trovare le chiavi per la comprensione dell'intelligenza e del funzionamento della mente umana. Minsky e McCarthy infatti, scrivendo il progetto della Summer per il finanziamento della Rockefeller Foundation, definiscono la loro idea di IA e del percorso da avviare: «[...] An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves». È in questo passaggio che per la prima volta compare anche il termine “artificial intelligence”, con l'idea che l'intelligenza sia simulabile computazionalmente, e sia possibile formalizzare il pensiero umano in modo tale da trasferirlo in una macchina. Questi aspetti sono, per altri versi, la prospettiva teorico-operativa di Marvin Minsky, il *muratore dell'IA* come è stato definito da Vecchi (2016) in un articolo dopo la sua scomparsa. Qualche anno più tardi è lo stesso Minsky a delineare il pensiero che guidava la loro ricerca: «We were

2. Il Presidente Eisenhower nel febbraio 1960 istituisce la “Commission on National Goals” come organismo non ufficiale con lo scopo di sviluppare un ampio quadro di obiettivi e programmi nazionali per il decennio che pervenne alla stesura del Rapporto (USA, 1960) al quale prese parte Gardner J. W. con il contributo che riprendeva il precedente rapporto del 1958.

trying to understand how thinking works by trying to build systems that could think» (Minsky, 1986, p. 17). L'AI group non è un laboratorio qualsiasi: da lì a poco si trasformerà nel *MIT-AI Lab*, che poi diverrà il *MIT Media Lab* di Nicholas Negroponte, autore di *Essere digitali* (1995). Oggi, tra i molti progetti alimentati al suo interno, c'è il *Lifelong Kindergarten* di Mitchel Resnick.

La caratteristica fondamentale del laboratorio di Minsky è di assumere l'IA come campo di ricerca autonomo, in continuità con quanto elaborato dal gruppo guidato da McCarthy nella Summer School Dartmouth College, e proponendo una filosofia della ricerca, sul tema, diversa dagli antecedenti. È anche il momento in cui il MIT diventa il vero crocevia di tutte le principali trasformazioni scientifiche del Novecento: cibernetica, scienze cognitive, educazione, linguaggi di programmazione delineando quello che oggi definiamo come “approccio interdisciplinare”: il laboratorio di Minsky non solo fu un luogo di sperimentazione algoritmica, ma anche un crogiolo interdisciplinare, dove si incontravano matematici, filosofi, linguisti, neuro-fisiologi. È in questo contesto che negli anni si intrecciano e formano figure come Seymour Papert, Patrick Winston, Terry Winograd, Rodney Brooks.

Il campo di ricerca dell'AI group di Minsky si intreccia con l'emergente problema (allora come oggi se pensiamo ai Quantum Computer) che avevano gli ingegneri della computer science, ovvero di poter esprimere maggior potenza computazionale, la cui esponenzialità nella richiesta delle applicazioni imponeva soluzioni immediate. La questione più complessa dunque, in quel periodo, reclamava soluzione a due diversi aspetti tra loro intrecciati: da una parte il tipo di linguaggio da utilizzare per rendere veloci le operazioni di calcolo, affinché un'espressione computazionale “linguisticamente algoritmica” forbita, efficace, sintetica – che però richiedeva energia – venisse compresa immediatamente e avviasse un ciclo di interazioni di calcolo rapido. Dall'altra, l'architettura strutturale della macchina che fosse in grado di “far girare dentro di sé” le sequenze linguistiche computazionali in modo altrettanto rapido per poter interagire velocemente. In sintesi, erano necessari “accessori per i computer” che creassero internamente ad essi l'energia necessaria così da utilizzare celermente le interazioni necessarie a far svolgere operazioni linguistiche (algoritmiche) complesse. La logica di ricerche interdisciplinari si confermava scenario entro il quale procedere e, da questo punto di vista, il gruppo IA di Minsky al MIT non fu isolato, ma sollecitò un clima intellettuale immerso in quell'interdisciplinare che coinvolgeva linguistica, psicologia, scienze cognitive ed educazione.

Le idee germinate nel Dartmouth Project e sviluppate al MIT entrarono in dialogo diretto con i protagonisti della rivoluzione cognitiva che animarono la Summer School di Bruner nel 1959.

2. Dalla mente per l'IA, all'IA per la mente

Woods Hole, 1959. Bruner e il crocevia di IA e Scienze Cognitive. L'immagine con la quale possiamo rappresentare l'AI group del MIT è dunque quella di un *crocevia* tra IA, scienze cognitive, didattica e formazione, un ambiente altamente interdisciplinare, nel quale informatici (come Minsky, McCarthy, Shannon), linguisti (come Chomsky), psicologi cognitivi e neuroscienziati (in relazione con Harvard, come Miller, Bruner, Neisser), teorici della comunicazione (come Wiener e Fano), si confrontavano su un'idea condivisa di mente come sistema computazionale o simbolico. Dopo il Rapporto Gardner (1958), gli studi di Marvin Minsky sull'IA, e quelli di Jerrold Zacharias sul rinnovamento della didattica della fisica (PSSC), vennero a crearsi le condizioni culturali per costruire una riforma strutturale per riorganizzare la ricerca scientifica, innovare l'educazione tecnico-scientifica e connettere le tecnologie emergenti. La *Woods Hole Conference* – tenutasi a Woods Hole, Massachusetts, nel luglio 1959 – ne diviene il passaggio cruciale ed esemplificativo: intendeva rinnovare profondamente l'educazione scolastica negli Stati Uniti e favorire l'apprendimento scientifico e matematico in risposta alle evidenti difficoltà del momento storico. Il titolo della conferenza è *The Process of Education*, e viene organizzata da Jerome Bruner il quale, nello stile MIT, riunisce psicologi, epistemologi, linguisti e scienziati cognitivi per riflettere sul futuro del curriculum.

Tra i partecipanti figurano gli esponenti delle scienze dure del MIT, come Zacharias, e scienziati in dialogo con l'IA, come Noam Chomsky, creando un cortocircuito fecondo tra pedagogia, scienze cognitive e tecnologie emergenti. La sintesi della prospettiva è espressa da Bruner: «Any subject can be taught effectively in some intellectually honest form to any child at any stage of development» (Bruner, 1960, p. 33).

La conferenza di Woods Hole rappresenta un punto di svolta: sancisce l'ingresso del paradigma costruttivista nella progettazione curricolare e promuove una visione della scuola come laboratorio mentale. Le idee esposte in quei giorni confluiranno nel rapporto dal medesimo titolo *The Process of Education* (1960), dove Bruner propone il concetto di “spiral curriculum”, la valorizzazione della struttura della disciplina, e il ruolo centrale del “pensiero narrativo”. *The Process of Education* diviene pietra miliare per l'insegnamento della matematica e delle scienze degli Stati Uniti. Fu successivamente diffuso e commentato in Russia, Polonia e Italia, divenendo il primo programma STEM della storia, con l'indirizzo di formare cittadini per la democrazia. Il focus del lavoro è un nuovo modo di interpretare il curriculum scientifico, costruito “per” apprendere la struttu-

ra fondamentale del concetto, attorno al quale correlare significativamente altre conoscenze. Si trattava di permettere a studentesse e studenti di affermare la “struttura” dei concetti che formano le discipline per poterli “manipolare”. Le conseguenze didattiche sono comprensibilmente interessanti: non basta insegnare (trasmettere) sequenze di informazioni, ma è indispensabile che gli studenti *comprendano significati e connessioni* (Bruner, p. 39) e che siano ancorati al loro modo di pensare (la vita reale, quotidiana) piuttosto che ad una logica lontana e siano in grado di usarli (manipolarli). Altra conseguenza, pedagogica, è l’ipotesi sostenuta che «qualsiasi concetto possa essere insegnato efficacemente, in qualche forma intellettualmente onesta, a qualsiasi bambino in qualsiasi fase di sviluppo» (Bruner, p. 33). Bruner ne è talmente convinto tanto da affermare che «per quanto mi riguarda i bambini piccoli imparano, quasi tutto, più velocemente degli adulti se gli forniamo il necessario in termini a loro comprensibili» (Bruner, p. 39). È in questa dichiarazione e interpretazione che nasce il curriculum verticale – per ogni ordine di scuola – edificato sulla ricerca dei concetti fondamentali, esito del lavoro collaborativo delle più significative personalità scientifiche del tempo.

Se attualizziamo, come in un frame, il lavoro di Woods Hole, oggi diremmo che è fondamentale mettere insieme insegnanti e ricercatori, disciplinaristi e pedagogisti per colmare il “gap between research and practice”, e avviare cambi “strutturali” pedagogico-didattici nella formazione iniziale e continua degli insegnanti³. Con *The Process of Education* viene introdotta la ricerca per comprendere il pensiero intuitivo – al pari di quello analitico – e l’importanza delle sue applicazioni nell’apprendimento; la logica che guida l’azione didattica è il coinvolgimento degli studenti nel ricercare la correttezza delle loro intuizioni, mettendole alla prova con metodo. Si avvia quindi il problem-solving come pratica didattica e si ragiona sulla necessità di organizzare le conoscenze attorno ai problemi, insieme con l’incoraggiare gli studenti a fare delle “congetture” intelligenti e dimostrarle (*problem posing*): questione di stile, di come affrontiamo la realtà e da lì, ricercare e approfondire la conoscenza per comprendere, per dare metodo, per formalizzare il pensiero. Gli studi di Bransford et al. (2000) mostrano la fondata e anticipatoria prospettiva di Bruner e dei suoi colleghi, nel partire progettuualmente da come pensa lo studente e costruirci attorno gli apprendimenti profondi. Così come appare molto evidente, in conseguenza, il senso di questa modalità di organizzare l’apprendimento:

3. In Italia, malgrado decenni di tentativi, si è ancora in cerca della Via sistemica guidata dalla ricerca.

rendere visibile la conoscenza, l'idea, l'intuizione, la soluzione come mostra Hattie (2008; 2012; 2023), e soprattutto come capita normalmente nel lavoro di laboratorio. Woods Hole concepisce il contesto di apprendimento come laboratorio, all'interno del quale permettere alle idee di "incarnarsi" – in matematica ma naturalmente anche agli altri saperi – esplicitandone un aspetto dalle conseguenze cognitive importanti: «il laboratorio organizzato per l'apprendimento è dello stesso ordine del lavoro di laboratorio degli scienziati» (Bruner, 1960, p. 81). Dello stesso ordine: ovvero né più né meno, ma "come" in laboratorio. Quindi ogni classe è un laboratorio, ogni classe è un luogo per risolvere problemi, fare ipotesi, montarle e smontarle, dimostrale, confutarle, creare conoscenza, apprendere. Far vivere i concetti immersi nelle discipline richiede di farne esperienza, e trasforma la classe-come-laboratorio, attiva, coinvolgente, dinamica, attenta al pensare, al fare, al dimostrare. Oggi diremmo, portare al centro lo studente, il suo pensare – profondo o superficiale che sia – il suo apprendere. Con Dewey, attraverso Dewey e dopo Dewey: l'idea feconda della scuola-laboratorio è ben ancorata nella cultura della scuola e Bruner lavora su un terreno fertile: di idea di scuola, di democrazia, di riflessioni, di learning-by-doing incarnato, DNA di quella scuola già concepita come teatro dell'esperienza e della formazione di un pensiero critico e riflessivo.

«L'insegnante non è solo un comunicatore, ma anche un modello. Qualcuno che non vede nulla di bello o di potente nella matematica non è in grado di accendere negli altri quel senso di eccitazione intrinseca. Un insegnante che non gioca con la sua intuitività è probabile che sia poco efficace nell'incoraggiare l'intuizione nei suoi studenti. Essere così insicuri da non accettare di poter sbagliare, non rende un insegnante un probabile modello per la ricerca. Se l'insegnante non rischierà un'ipotesi azzardata, tentando di dimostrarla, perché dovrebbe farlo lo studente? [...] Se anche l'insegnante dimostra che sta imparando, l'insegnamento assume una nuova qualità» (Bruner, 1960, p. 90). Oggi equivale a considerarsi in apprendimento continuo: gli insegnanti come adult-learners, con la passione e il gusto del senso profondo del proprio conoscere così come del proprio essere e agire come insegnanti. Nel tempo storico-culturale si viene supportati da una varietà di dispositivi che espandono l'esperienza, la chiariscono e ne formano un significato personale: qualsiasi tecnologia utile allo scopo di far apprendere, coniugando la saggezza dell'insegnante competente con le "tecniche" necessarie, è una opportunità per il proprio sviluppo professionale. In sintesi: Bruner considera un programma di formazione continua per gli insegnanti per la mediazione didattica nella scuola-laboratorio, verso un progetto cognitivista applicato all'apprendimento. Con una particolare piegatura, dalla quale traspare il Bruner che, tra i primi, riconosce il

valore degli studi di Vygotskij e dell'apporto che la psico-pedagogia russa stava fornendo per lo sviluppo dei processi di apprendimento e la zona prossimale (molto prima di Woods Hole). Anche se, come annota Mecacci (1992; 2022), attribuisce a Vygotskij un pensiero semplificato, diffondendone l'idea di un precursore del cognitivismo.

Dopo Woods Hole, l'esito degli scambi interdisciplinari tra gli scienziati è la convinzione diffusa che il lavoro intellettuale di uno scienziato-ricercatore e quello di un alunno di una scuola elementare, fossero essenzialmente identici. Dunque, si matura la consapevolezza di coinvolgere gli studenti per comprendere i concetti profondi delle discipline e agganciarli in azioni e progetti che possano migliorare la vita reale. Le classi sono laboratori che “maneggiano” i concetti e li trasformano. Zacharias e Freedman tornarono al MIT e stravolsero il modo di considerare il lavoro degli insegnanti: per incoraggiare la comprensione in contrapposizione alla memorizzazione, producono video, filmati, guide, prove per la valutazione della comprensione, raccomandazioni per la realizzazione di apparati sperimentali economici (appositamente progettati dal PSSC). Gli insegnanti divengono destinatari essi stessi dei prodotti, così da poterli considerare progettisti delle attività di fisica nelle classi. Il metodo del PSSC diventa un modello anche per i colleghi specialisti e accademici del MIT, in altre discipline. Le scuole sono connesse al lavoro di ricerca. Le evoluzioni e le innovazioni dei campi del sapere della fisica entrano, in questo modo, velocemente nelle scuole. E quelle sperimentazioni – con la nuova cultura dell'educazione maturata a Woods Hole – contribuiscono alla riforma dell'istruzione degli anni '60 e '70, dei curricula scientifici e materiali didattici da utilizzare nelle scuole degli Stati Uniti (Elementary Science Study). Partiti dall'accademia, arrivati alle scuole primarie, collegati dal lavoro di ascolto e di creazione per formare generazioni con le “menti competenti” e capaci di risolvere problemi. È cambiato il modo di apprendere Science, Technology, Engineering e Mathematic per gli studenti degli Stati Uniti.

In sintesi, ciò che unisce in un continuum il Rapporto Gardner (1958), la conferenza di Woods Hole (1959) e il lavoro sul campo del Physical Science Study Committee (PSSC) (1957-1969), l'elaborazione di Minsky (1959) si coagula in un'esigenza pedagogica radicale: riformare il curriculum in senso scientifico e cognitivo, per preparare menti capaci di affrontare la complessità tecnologica – e geopolitica – emergente in quegli anni, riducendo i gap e ponendo le basi per l'egemonia tecnologica. La nuova visione curricolare è profondamente intrecciata con la filosofia della mente e dell'apprendimento, per la quale l'intelligenza non è un talento innato da classificare, ma un “processo da sviluppare” continuamente. La scuola

dovrebbe essere un ambiente generativo, capace di favorire la scoperta, l'indagine, la costruzione del sapere: «Curriculum reform must go beyond facts; it must foster the capacity to generate explanations and ask questions» (Bruner, 1960, p. 72). È così facilmente comprensibile come, da questa prospettiva, si evolva l'approccio STEM, inteso non come mera addizione di discipline, ma come visione integrata dell'apprendimento scientifico-tecnologico. Il pensiero computazionale, le simulazioni, l'apprendimento per problemi, i laboratori digitali: tutto ciò affonda le radici proprio in quella convergenza tra IA, scienze cognitive e riforma educativa.

3. L'IA in educazione: tra buoni propositi e contaminazioni, tra intelligenza e intelligenze

Boston, MIT, 1963. Papert e il costruzionismo. Nel luglio 1963, il MIT assiste alla nascita di un nuovo progetto di ricerca, il Project MAC. Con il suo avvio, la struttura organizzativa si rese più complessa: l'AI Group divenne formalmente parte del progetto, ma mantenne una sostanziale autonomia operativa e di ricerca sotto la guida di Minsky. Il Project MAC (Machine-Aided Cognition, poi Mathematics and Computation) fondato da Robert Fano venne finanziato dall'ARPA (Advanced Research Projects Agency, avviata nel 1958 dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti come risposta al lancio dello Sputnik sovietico) per sviluppare sistemi hardware evoluti e una ricerca computazionale avanzata. L'inclusione dell'AI Group rispondeva alla logica interdisciplinare, ma non pervenne ad una perdita di identità o di ricerca autonoma. Minsky riuscì a mantenere la specificità e l'indipendenza della ricerca sull'intelligenza artificiale anche all'interno di strutture organizzative più ampie, ancora coerente al progetto immaginato a Dartmouth College insieme a McCarthy. Fu anche l'avvio della prima grande primavera dell'IA, che alimentava la nascente ricerca, con enormi finanziamenti derivanti dalla Difesa⁴.

In questo particolare momento di riorganizzazione strutturale, all'AI Group, si aggrega Seymour Papert. Matematico del Sudafrica, arriva al MIT folgorato dall'incontro con Minsky, avvenuto in un congresso a Londra poco tempo prima. In quel momento stava completando il triennio di

4. Al tempo del finanziamento del Project MAC al MIT, ARPA aveva una missione più ampia che includeva ricerca fondamentale in informatica, intelligenza artificiale e tecnologie innovative, non limitandosi esclusivamente ad applicazioni militari immediate. Il finanziamento ARPA fu cruciale per lo sviluppo dell'IA americana, sostenendo progetti presso MIT, Stanford, Carnegie Mellon e altre università che posero le basi dell'intelligenza artificiale che oggi conosciamo.

collaborazione all'Università di Ginevra, con Jean Piaget – ricordiamo che i suoi studi furono tra i riferimenti di Bruner al Congresso di Woods Hole – arrivato dopo un itinerario in due PhD, il primo svolto in Sudafrica e il secondo alla Cambridge University (UK), di ricercatore nei Centri di Ricerca Henri Poincaré di Parigi e del St. John's College di Cambridge.

In quegli anni Minsky prospettava le potenzialità dell'IA per capire come funziona la mente umana, spostando il baricentro della ricerca iniziale sull'IA: dallo studio del funzionamento delle reti neurali negli esseri umani per trasferirlo alle macchine rendendole intelligenti, allo studio della stessa mente umana, unica vera entità di interesse per la scienza, secondo Minsky di quegli anni.

Per Papert – solido matematico con un robusto apparato teorico e di ricerca, due PhD, che aveva assorbito la cultura europea a Londra e Parigi e stava lavorando con Piaget, a Ginevra, sulle forme dell'apprendimento di tipo costruttivista, nei bambini – l'idea di Minsky diventa il riferimento per la sua idea di matematica applicata e la condivisione di una visione. Minsky apre la strada al MIT, nel suo AI Group e, in questo contesto Papert conosce anche gli studi e ricerche del Project MAC.

In sintesi, dopo che Minsky riesce a mantenere autonomo l'AI Group da altri progetti, decide di spostare tutto il suo gruppo nel nuovo *MIT AI-LAB*, assumendone la direzione. Papert ne diviene co-direttore, dal 1967 al 1981 e coordina, con Minsky direttore, il Gruppo di Ricerca sull'Epistemologia e l'Apprendimento. Il gruppo lavora con Wallace Feurzeig, della Bolton University, che crea, nel 1967, la prima versione di Logo, il linguaggio di programmazione pensato per i bambini. I due gruppi vanno oltre: uniscono le esperienze e soprattutto la visione di trovare un modo per rendere possibile l'apprendimento della matematica per tutti i bambini sviluppando, allo stesso tempo, la capacità di risolvere problemi con un pensiero creativo e computazionale. Papert apre un'altra direzione rispetto a quella di Bruner – ovvero quella della tecnologia “pensata” sulla teoria dell'apprendimento “costruzionista” – per raggiungere però il medesimo obiettivo: far apprendere il pensiero matematico e attuarlo nella realtà. La prima applicazione reale per i bambini, in quel caso, fu lo spostamento di una tartaruga sul pavimento. Un prototipo dei robot moderni, mosso dalla programmazione dei bambini: la tartaruga Logo (*Logo Turtle*). Come precedentemente realizzato da Zacharias e Freedman, l'idea dell'apprendimento si basa sul coinvolgimento dei bambini e il loro saper fare in autonomia, giocando, costruendo: al MIT, dopo il *Centro per l'apprendimento della fisica*, nasce il *Centro per l'apprendimento della matematica* attraverso la tecnologia di Papert. In questo Centro trova incubazione il linguaggio Logo, redatto perfezionando la teoria costruzionista dell'apprendimento,

elaborata dallo stesso Papert a Ginevra. Nel gruppo collabora in modo significativo Cynthia Solomon – del gruppo della Bolton University – che svilupperà tutte le sue ricerche sul linguaggio Logo applicandolo alle attività delle scuole e, con il Centro del MIT, avvierà una serie di ricerche sugli esiti di Logo in reti di scuole diffuse nel mondo.

Le nuove caratteristiche emergenti del linguaggio – modularità, estensibilità, interattività e flessibilità – sostengono in modo efficace l'apprendimento nei bambini che comunque, con quella tartaruga dovevano farci qualcosa: per esempio capire come farla muovere nel mondo che loro stessi dovevano immaginare e costruire. Il Logo li aiutava attraverso feedback costanti, per farli pensare mentre agivano. È questa l'idea di base del costruzionismo di Papert: usando e costruendo artefatti i bambini imparano a pensare. Negli anni successivi prendono forma gli studi sulle metacognizione. Papert pensava che lo stesso processo fosse svolto dagli adulti per immaginare come usare Logo: come rendere una cosa, per me così semplice, che pare però essere incomprensibile per gli altri, semplice anche per loro e permettere di risolvere problemi con la “mente matematica”. Con Cynthia Salomon pubblicano esiti di ricerca ed esperienze per aiutare gli insegnanti a capire in profondità la teoria e applicarla. È il tempo di *Mindstorm* (1980): gli insegnanti comprendono la forza intrinseca di Logo e il suo potenziale, contribuendo alla sua espansione nel mondo. Altro passo in avanti, attraverso gli insegnanti e l'innovazione delle pratiche didattiche per comprendere i *concetti fondamentali*, come già avvenuto con Zacharias, Freedman, Bruner a Woods Hole. Nell'anno di *Mindstorm* si costituisce la *Logo Computer Systems Incorporation* (LCSI), di cui Papert è presidente. Molti dei ricercatori coinvolti nel suo gruppo al MIT, con gli insegnanti e i programmatori, saranno la colonna vertebrale della LCSI che nel frattempo struttura progetti educativi da presentare alle scuole e fonda, nel 1991, la Logo Foundation che finanzia la cattedra Seymour Papert del MIT, fino ad oggi. Mitchel Resnick, già studente di Papert, è attualmente leader del gruppo di ricerca Lifelong Kindergarten della cattedra, e ne coltiva la visione: il computer potrebbe aiutare ogni bambino a costruire attivamente – e in parte autonomamente – la conoscenza, ampliando le possibilità di azione, in età e forme. L'interdisciplinarietà, ancora una volta, è la keyword del gruppo di ricerca che crea Scratch all'alba del nuovo millennio, oltre il Logo e il post Logo. La tartaruga Logo⁵ si è ridotta nelle

5. Dall'originale *Logo Turtle*, il robot con una cupola semitrasparente, delle ruote, con dei sensori per evitare gli urti, e una penna che scendeva per disegnare sul foglio a terra (la cui grandezza era di circa trenta centimetri di diametro e altrettanti di altezza), usata direttamente con il linguaggio Logo, oggi le dimensioni dei robot da pavimento program-

dimensioni, ma è sempre più divertente con Scratch, si espande la comunità virtuale delle scuole di Logo avviata da Papert e Salomon, il coding diviene contesto per dar forma al pensiero computazionale (con il costruzionismo implicito). Inoltre, Resnick e il suo gruppo hanno trasformato i Lego in oggetti programmabili e, con Scratch, hanno dato la possibilità a bambine e bambini di far muovere e reagire le proprie costruzioni.

Alcuni ulteriori intrecci sono di particolare interesse per delineare la contaminazione dei pensieri e del costruzionismo degli anni '80. Nel tempo maturo dell'AI Group e degli studi sulla cornice computazionale di Papert, il *Project Zero* diretto da Nelson Goodman e Howard Gardner (avviato nel 1967 ma maturato proprio nel clima post-Woods Hole) raccoglie le sfide dell'educazione alle arti e alla creatività, connettendosi alle teorie delle *Intelligenze Multiple*. Se il MIT diventa un laboratorio di frontiera dove convergono le ricerche sull'IA simbolica (Minsky, McCarthy), la teoria costruttivista dell'educazione (Bruner), l'educazione scientifica attraverso lo sviluppo dei concetti fondamentali e nuovi modelli di didattica (Zacharias, Freedman), l'avvio dei principi di cognizione incarnata e distribuita (successivamente esplorata da Winograd e Flores, 1986), il *Project Zero*, pone al centro un'idea di intelligenza plurale connessa ai diversi contesti di sollecitazione, manipolazione, esperienza continuamente sollecitata e accompagnata da feedback ricorrenti. I due progetti – *AI group* e *Project Zero* – non operarono “a fianco” nel senso di collaborazione diretta, ma rappresentarono due approcci distinti alla ricerca sull'intelligenza e l'apprendimento: da una parte la ricerca computazionale-algoritmica di Minsky e Papert al MIT, dall'altra quello pedagogico-artistico di Goodman ad Harvard con il *Project Zero*, da lui fondato all'interno della Graduate School of Education.

Goodman intende studiare e comprendere le forme dell'apprendimento in un contesto però particolare, nelle arti e attraverso le arti. Il punto di osservazione della ricerca è l'educazione artistica, nelle sue espressioni molteplici. L'estetica, il senso della bellezza, la creatività: il progetto di ricerca intende offrire risposte alle grandi domande esistenziali. L'educazione e le sue proposte intendono sviluppare l'essere umano nel suo intero. Potremmo dire in forma olistica. Nel 1971 Goodman attribuisce a David Perkins il compito di affiancarlo nella direzione. Pochi anni prima, Perkins svolge il suo PhD in *matematica e intelligenza artificiale*, all'AI Group di Minsky e Papert, dove studia l'intelligenza ed elabora la teoria della

mabili (tipo Bee-Bot/Blue-Bot) si sono ridotte (di circa un terzo) divenendo eredi diretti della tartaruga Logo.

mente apprendente (Maria Montessori con il suo *The Absorbent Mind*, del 1949, ne anticipò alcuni elementi fondativi), differenziando l'intelligenza neurale da quella esperienziale e riflessiva. I processi creativi e le arti – il plurale non è casuale – divengono campo di ricerca di Perkins per verificarne effetti e prospettive su bambini e adulti. Le scuole e gli insegnanti si associano come partner del Project Zero, che diviene un grande laboratorio sperimentale di metodi e strumenti. Anni di lavoro intenso: di costruzione di materiali, di supporti, di studi. Una convergenza di metodo, come ai tempi di Zacharias e Freedman, e come stava facendo nello stesso momento Seymour Papert nel Logo Group: gli insegnanti sono coinvolti per creare insieme ai ricercatori. Ricerca-formazione, ricerca-azione, co/costruzione-valutazione si consolidano come processo di learning-on-the-job⁶. Perkins rimane co-direttore di Project Zero per trent'anni, cambiando solo collega: dopo Goodman, condivide la responsabilità di ricerca con Howard Gardner. Nel 1972, il Project Zero si articola in due dipartimenti: il Cognitive Skills Group – diretto da Perkins in co-direzione con Gardner – orientato all'indagine riguardante le capacità percettive e cognitive degli adulti; il Developmental Group diretto da Gardner – in co-direzione con Perkins fino al 2000 – sullo sviluppo delle capacità simboliche nei bambini. I due Centri di Project Zero intrecciano le loro ricerche sulla produzione nelle arti: una parte il “come” per gli adulti, dall'altra il “come” per i bambini per entrambi i processi creativi al centro. Per Gardner sono gli anni di gestazione della sua teoria sulle intelligenze multiple che già, in parte, trovava in Perkins introduttive conferme⁷ e il Project Zero fonda la sua proposta culturale ed educativa sull'idea degli atelier rinascimentali, dell'apprendistato cognitivo. Le arti vanno praticate, inizialmente con l'aiuto degli esperti, via via in autonomia, di fatto confermando la teoria di Vygotskij, ma anche la Montessori, con quell'aiutami oggi, perché domani lo potrò fare da solo.

Una connessione ulteriore interessa il Project Zero; confermando l'idea di Zacharias sulla valutazione dei concetti fondamentali delle scienze, il Centro afferma che «la valutazione deve rispettare le particolari intelligenze che sono coinvolte nelle arti. La valutazione dovrà sondare quelle capacità e quei concetti che sono più importanti in ogni arte. Dobbiamo

6. Anni di gestazione delle prime sintesi di quel lavoro iniziale: di Goodman (*Languages of Art*, 1976) e di Perkins (*The Arts and Cognition*, 1977; *The Mind's Best Work*, 1980).

7. Negli anni precedenti a *Frame of minds* (1983), Gardner crea dei presupposti significativi: *The arts and human development* (1973), *Artful scribbles: The significance of children's drawings* (1980).

mettere a punto metodi di valutazione che rendano giustizia a ciò che è fondamentale in una particolare forma d'arte» (Gardner, 1982, p. 211). In altre parole, la valutazione diviene formativa e si svolge “per” l'apprendimento, attraverso strumenti come il portfolio, le rubriche, gli artefatti e quindi è una valutazione che forma “in contesto”. I “domini” delle intelligenze (saper fare come gli esperti in campi specifici che potrebbero essere capacità o talenti), non possono essere formati e valutati se non “in contesto”. Il Project Zero diviene fucina culturale e metodologica: trainato da Perkins, il Cognitive Skills Group elabora il modello di progettazione *Teaching for Understanding* (Wiske, 1998); Gardner, dopo il suo “Frame of Minds”, elabora altrettanti modelli di attivazione, valutazione e descrizione delle “intelligenze in azione” utili per la differenziazione didattica e la personalizzazione degli apprendimenti. Con Csikszentmihalyi, lo studioso del “flow” della creatività (1975; 1978), cura il *The good project* (1990), che promuove le eccellenze, il coinvolgimento, l'etica nell'educazione, fornendo supporto nella preparazione degli studenti come buoni cittadini e soprattutto capaci di costruire una società del ben-stare.

In questo clima, Papert prosegue la sua opera innovativa, con un intento profondamente pedagogico: sviluppare il pensiero computazionale nei bambini, ma senza meccanizzare la scuola. Anzi, propone un'idea di scuola creativa, laboratoriale, democratica, ispirata al progressismo di Dewey, ma aggiornata alla cultura tecnologica. Il Logo non è solo un linguaggio (oggi coding), ma è un “ambiente cognitivo” che traduce la prospettiva costruzionista in esperienza educativa. La sua collaborazione con Minsky e la rielaborazione del suo iniziale pensiero piagetiano – che si modificò a tal punto tanto da distaccarsene come lo stesso Papert affermò (1980) – permettono di pervenire ad un esito rilevante: un bambino può costruire teorie attraverso la programmazione, può fare matematica come un epistemologo, può diventare autore del proprio sapere, quando si creano le condizioni necessarie.

4. Educare a pensare, nell'era dell'IA

1993. L'infrastruttura della rete, i big data, l'IA come conseguenza. Si afferma definitivamente la rivoluzione digitale, con l'avvento del web pubblico e l'inizio di una nuova stagione per l'intelligenza artificiale. La rete, fino ad allora dominio accademico e militare, diventa infrastruttura globale. Ma soprattutto, diventa una fonte inesauribile e progressiva di dati. Avviene un mutamento strutturale: mentre nei decenni precedenti l'IA si era sviluppata sulla base di modelli simbolici e regole logiche, ora l'ap-

prendimento automatico inizia a fare leva su set di dati massivi, costruiti a partire dalle tracce digitali lasciate dagli utilizzatori della rete: immagini, testi, interazioni, movimenti. Viene coniato il “data is the new oil” (Humbly, 2006), che ben rappresenta la metafora divenuta emblema della nuova stagione, dove gli algoritmi dell’IA riescono a ridurre la mole dei big data rendendoli utilizzabili per scopi precisi e a far apprendere in modo progressivo le macchine (machine learning). Il fattore strutturale della produzione di big data, derivante dalla transizione digitale, è centrale e decisivo nell’attuale *primavera dell’intelligenza artificiale*. Non si tratta di una semplice condizione di contesto, ma di un fattore abilitante e alimentante, senza il quale i modelli contemporanei di IA generativa non sarebbero né concepibili né efficaci.

La visione cambia: non si tratta più di programmare l’intelligenza, ma di farla emergere dalla gestione dei dati. Questo passaggio segna un nuovo paradigma: dai simboli certi del linguaggio all’uso del linguaggio come probabilistico, dall’algoritmo deduttivo alla rete neurale adattiva.

Le conseguenze sui temi educativi e il loro attraversamento sono sufficientemente ovvi. Già Dewey (1916) ricordava che la scuola non poteva disconoscere il progresso. I piani organizzativo, curricolare e di sviluppo professionale degli insegnanti risentono della trasformazione. Le classiche idee connesse alla valutazione, all’individualizzazione, alla personalizzazione, al curriculum, entrano in dialogo con sistemi intelligenti, che rendono possibile, alle organizzazioni dei contesti e alle progettazioni educative, di adattarsi ai percorsi individuali e di generare differenziazioni didattiche. Tuttavia, emergono le criticità di tipo etico, pedagogico, sociale: chi controlla gli algoritmi? Quali sono i bias nei dati che condizionano? Come proteggere l’autonomia dello studente? Come sviluppare e formare le humanities? La nuova sfida educativa non è solo di come utilizzare l’IA, ma comprenderla, progettarla, valutarla.

In questa direzione, come esito formativo del curriculum, può divenire emergente l’educazione di quattro pensieri chiave per una scuola nel tempo dell’IA:

- il *pensiero computazionale*, come capacità di analizzare e risolvere problemi in modo sistemico, attraverso linguaggi e strutture computazionali;
- il *pensiero critico*, per valutare le implicazioni etiche, sociali e politiche delle tecnologie;
- il *pensiero ecosistemico*, per comprendere la complessità ambientale, sociale e cognitiva del mondo connesso;
- il *pensiero creativo*, per progettare nuove forme di interazione e di vita sostenibile nelle città e nelle economie.

La preoccupazione per la formazione di questi tipi di pensiero è una costante pedagogica: si radicano nella tradizione del curriculum progressista (Dewey, Bruner, Papert) ma, nel tempo del cambiamento, divengono prospettive di avanguardia, verso un'educazione che sia capace di navigare le transizioni digitali, ecologiche, sociali e culturali. «Technology is not destiny. But how we educate in the face of technology shapes that destiny» (OECD, 2023, p. 12).

5. La scuola e l'educazione tra le primavere delle fioriture e gli inverni freddi dell'appassimento: l'IA e le sue stagionalità cicliche

La metafora delle “primavere” e degli “inverni” dell'intelligenza artificiale viene utilizzata per descrivere le fasi cicliche di entusiasmo e disillusione che hanno segnato la storia dell'IA dalla metà del XX secolo a oggi. Queste stagioni non riflettono solo l'evoluzione tecnologica, ma rispecchiano le fluttuazioni negli investimenti pubblici e privati, i mutamenti epistemologici nei paradigmi dominanti e le tensioni ideologiche tra le visioni dell'intelligenza computazionale. E, se accettiamo la metafora “stagionale” dobbiamo accettarne anche la ciclicità: oggi siamo in una nuova primavera, ma l'inverno potrebbe essere dietro l'angolo.

L'avvio della primavera dell'IA è riconducibile alla sua “nascita ufficiale” nella Summer School di Dartmouth, sostenuta dal finanziamento della Rockefeller Foundation. La definizione di “artificial intelligence”, spiegata con l'idea che ogni aspetto dell'apprendimento o dell'intelligenza possa, in linea di principio, essere descritto con sufficiente precisione da algoritmi per permetterne la simulazione da parte di una macchina (McCarthy et al., 1955), appare in grado di generare un avanzamento tecnologico rilevante che ne giustifica l'attenzione. L'IA, nel progetto di McCarthy e di Minsky, viene descritta come “simbolica”, poiché si fonda sulla logica formale, sull'elaborazione del linguaggio naturale e sulla manipolazione di simboli: modelli generati di tipo top-down, in cui la mente è vista come un sistema razionale che segue regole precise.

L'entusiasmo iniziale è sostenuto altresì da un contesto geopolitico favorevole: il lancio dello Sputnik nel 1957 induce il governo americano a finanziare massicciamente la ricerca scientifica. L'ARPA (Advanced Research Projects Agency), istituita nel 1958, finanzia progetti pionieristici di IA, considerando come potesse divenire una risorsa strategica per la difesa e il predominio tecnologico. Il MIT diventa uno dei principali poli di ricerca, con Minsky alla guida del suo laboratorio (AI Lab, 1959).

Il primo grande “inverno” dell’IA arriva nel 1969, ed è di tipo apparentemente scientifico. Minsky e Papert (1969) pubblicano un volume con il quale criticano in modo sistematico due lavori di Frank Rosenblatt (1957; 1958). In sintesi, Minsky e Papert argomentarono e confutarono le tesi di Rosenblatt, dimostrando che i problemi dei quali egli prevedeva la soluzione in realtà non sarebbero stati risolti. Il libro di Minsky e Papert funzionò fin troppo bene: il campo delle connessioni delle reti neurali fu screditato e distrutto, creando un nuovo scenario convenzionale presso ARPA e quasi tutte le altre organizzazioni di sponsorizzazione della ricerca. Su altro livello, il rapporto Lighthill (1973) del governo britannico si pronuncia negativamente sui risultati ottenuti dagli studi sull’IA, giudicandoli “deludenti”. Come conseguenza l’ARPA taglia i fondi e molte università smantellano i programmi di IA. Il lungo inverno si protrae sino alla fine degli anni ’70 del Novecento e continua mutando l’oggetto: l’esplosione commerciale dei personal computer rendono marginali le macchine di sistemi esperti, diffusi negli anni ’80 del Novecento (fino agli inizi degli anni ’90).

Il ritorno della primavera ha un’origine strutturale: l’emergere dei big data, prodotti dalla digitalizzazione globale e dalla rete internet. Con l’avvento del deep learning (Hinton et al., 2006), i sistemi non imparano più regole astratte, ma “statistiche emergenti” dalla quantità di dati reperibili. L’epistemologia cambia: la mente non è più un calcolatore logico, ma una “rete adattiva”, che apprende correlazioni e modelli. La svolta ri-apre flussi finanziari, mossi dai colossi digitali occidentali noti, ai quali si affiancano i concorrenti asiatici ugualmente pervasivi nell’economia digitale globale. In questa primavera, i laboratori di ricerca sull’IA si spostano dalle università alla Silicon Valley.

Ogni primavera dell’IA è dunque figlia di un’alleanza temporanea tra scienza, capitale e visione del mondo. E ogni inverno è un momento di riflessione critica, in cui la tecnologia deve confrontarsi con i limiti delle proprie premesse spesso esasperate inizialmente dagli investimenti finanziari. La primavera attuale, grazie ai modelli linguistici (LLM) e all’IA generativa, può aprire scenari di trasformazione e di innovazione verso una nuova era, ma occorre essere consapevoli degli errori del passato. In tal senso, a chi si occupa e abita l’educativo, non può mancare il senso critico e la consapevolezza degli scenari che vanno formandosi. «L’IA non può essere solo oggetto di progettazione, ma deve diventare soggetto di educazione» (Resnick, 2017, p. 113). Per altro è molto efficace la sintesi di Luciano Floridi (2022): «il rischio insito in ogni estate dell’IA è che le aspettative esagerate si trasformino in una distrazione di massa. Il rischio insito in ogni inverno dell’IA è che il contraccolpo sia eccessivo, la delusione troppo profonda, cosicché soluzioni potenzialmente preziose vengano

no buttate via con l’acqua delle illusioni. Gestire il mondo è un compito sempre più complesso. [...] L’IA deve essere trattata come una normale tecnologia, non come un miracolo né come una piaga, bensì come una delle tante soluzioni che l’ingegno umano è riuscito a escogitare» (Floridi, 2022, p. 87).

Tab. 1 - La ciclicità dell’IA: alcuni elementi

Periodo	Ciclo	Cause finanziarie	Paradigma epistemologico	Esiti e conseguenze
1956/1974	I primavera	Investimenti AR-PA post-Sputnik	IA simbolica (sistemi basati su regole)	Ottimismo e promesse di IA forte
1974/1980	I Inverno	Tagli ai fondi AR-PA	Critiche interne (Minsky contro reti neurali)	Sfiducia pubblica e governativa
1980/1987	II primavera	Interesse commerciale verso i sistemi esperti	IA simbolica applicata all’industria	Crescita di IA in medicina e ingegneria
1987/1993	II inverno	Crollo del mercato AI – LISP Machines	Fallimenti nei sistemi generalisti	Disinvestimento in AI
2012/oggi	III primavera	Big data, cloud computing, finanziamenti Big Tech	IA sub-simbolica (deep learning)	Modelli neurali avanzati, IA generativa
?	III inverno	Quale sarà il livello di sostenibilità, accettabilità sociale, i modelli di business per un vantaggio comune?	Le nuove soluzioni rimpiazzeranno davvero le soluzioni precedenti?	In quella misura sono/saranno disponibili le competenze, i molti insiemi di dati, l’infrastruttura necessaria per garantire l’implementazione di una IA per il bene sociale?

Conclusione

Torna così centrale la figura della scuola come laboratorio sociale, come spazio di costruzione di futuro. L’eredità di Zacharias, Papert, Bruner, Minsky – e ci permettiamo di Dewey – non è nelle tecnologie o nelle organizzazioni che hanno ideato, ma nella visione di una mente educabile e di un’intelligenza incrementale.

Il tempo dell'IA è il tempo della pedagogia. Non come reazione tecnicistica, ma come costruzione di una coscienza educativa capace di interpretare e orientare l'intelligenza artificiale nel segno dello sviluppo umano e di una nuova presenza nei territori delle scuole. In questo orizzonte, il curriculum non è solo una sequenza di contenuti, ma un'infrastruttura culturale, un progetto politico, una forma di cura. Cura per la mente, per il pianeta, per la democrazia. «Non c'è apprendimento senza engagement, e non c'è engagement senza agency. L'intelligenza è sempre situata, incarnata, negoziata. Educare è rendere visibili e abitabili i mondi dell'intelligenza» (Bruner, 1996, p. 22).

La vera rivoluzione dell'IA, forse, non è tecnologica ma pedagogica.

Bibliografia

- Bransford, J. D., Brown, A., Cocking, R. (2000), *How people learn. Brain, mind, experience and school*, National Academy Press, Washington.
- Bruner, J. S. (1960), *The Process of Education*, Harvard University Press, Harvard.
- Bruner, J. S. (1996), *The Culture of Education*, Harvard University Press, Harvard.
- Csikszentmihalyi, M. (1978), *Intrinsic Rewards and Emergent Motivation*, in Lepper, M. R., Greene, D. (eds.), *The Hidden Costs of Reward: New Perspectives on the Psychology of Human Motivation*, Erlbaum, Hillsdale-N.Y., pp. 205-216.
- Csikszentmihalyi, M. (1975). *Beyond Boredom and Anxiety: Experiencing Flow in Work and Play*, Jossey-Bass, San Francisco.
- Crevier, D. (1993), *AI: The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence*, Basic Books, New York.
- Floridi, L. (2022), *Etica dell'intelligenza artificiale. Sviluppi, opportunità, sfide*, Raffaello Cortina, Milano.
- Gardner, D. P. (1983), *A nation at risk: The imperative for educational reform*, U.S. Government Printing Office, link: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED226006.pdf> (ultimo accesso, 28 agosto 2025).
- Gardner, J. W. (1958), *The pursuit of excellence: Education and the future of America (America at Mid-Century Series, Report V Panel on Education*, Rockefeller Brothers Foundation, Doubleday, New York.
- Gardner, J. W. (1960), *Prospect for America*, Rockefeller Panels Report, Doubleday, New York.
- Gardner, H. (1973), *The arts and human development*, Wiley, New York.
- Gardner, H. (1975), *The shattered mind*, Knopf, New York.
- Gardner, H. (1980), *Artful scribbles: The significance of children's drawings*, Basic Books, New York.
- Gardner, H. (1982), *Art, Mind, and Brain: A Cognitive Approach to Creativity*, Basic Books, New York.

- Gardner, H. (1983), *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*, Basic Books, New York.
- Gardner, H. (1985), *The Mind's New Science: A History of the Cognitive Revolution*, Basic Books, New York.
- Gardner, H., Csikszentmihalyi, M., Damon, W. (2001), *Good work: When excellence and ethics meet*, Basic Books, New York, NY.
- Goldstein, J. S. (1992), *A Different Sort of Time: The Life of Jerrold Zacharias*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Goodman, N. (1976), *Languages of Art*, Hackett Publishing Company, Indianapolis - Indiana,
- Hattie, J. (2009), *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*, Routledge, London.
- Hattie, J. (2012), *Visible Learning for Teachers: Maximizing Impact on Learning*, Routledge, London.
- Hattie, J. (2023), *Visible Learning: The Sequel: A Synthesis of Over 2,100 Meta-Analyses Relating to Achievement*, Routledge, London.
- Hinton, G. E., Osindero, S., Teh, Y. W. (2006), "A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets", *Neural Computation*, 18(7), pp. 1527-1554.
- Hinton, G. E., Salakhutdinov, R. R. (2006), "Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks", *Science*, 313(5786), pp. 504-507.
- Humby, C. (2006), *Data is the New Oil*, link: https://ana.blogs.com/maestros/2006/11/data_is_the_new.html (ultimo accesso, 28 agosto 2025).
- Lighthill, J. (1973), *Artificial Intelligence: A General Survey*, in *Artificial Intelligence: A Paper Symposium*, Science Research Council, link: www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill_report/contents.htm (ultimo accesso, 28 agosto 2025).
- McCarthy, J., Minsky, M., Rochester, N., Shannon, C. (1955), *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, Dartmouth College, link: <http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf> (ultimo accesso, 28 agosto 2025). Ripubblicato in *AI Magazine*, vol. 27, n. 4, Winter 2006, pp. 12-14.
- Mecacci, L. (1992), *Edizioni e traduzioni*, in Vygotskij, L., *Pensiero e linguaggio*, Laterza, Bari, p. XVI.
- Mecacci, L. (2022), *Prefazione*, in Vygotskij, L., *La mente umana*, Feltrinelli, Milano, p. 8.
- Minsky, M. (1986), *The Society of Mind*, Simon & Schuster, New York.
- Minsky, M., Papert, S. (1969), *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry*, MIT Press, Boston.
- Montessori, M. (1949), *The Absorbent Mind*, The Theosophical Publishing House, Madras.
- Negroponte, N. (1995), *Essere digitali*, Sperling & Kupfer, Milano.
- OECD (2023), *OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem*, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2023), *Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations*, OECD Publishing, Paris.

- Papert, S. (1980), *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, Basic Books, New York.
- Perkins, D. (1977), *The Arts and Cognition*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MI.
- Perkins, D. (1980), *The Mind's Best Work*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Physical Science Study Committee (1961), *P.S.S.C. physics: teacher's resource book and guide*, Heath & Co., Boston.
- Resnick, M. (2017), *Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play*, MIT Press, Boston.
- Rosenblatt, F. (1958), "The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain", *Psychological Review*, 65(6), pp. 386-408.
- Rosenblatt, F. (1957), *The perceptron: A perceiving and recognizing automaton* (Technical Report No. 85-460-1), Cornell Aeronautical Laboratory, New York.
- United States (1960), *Goals for Americans: Programs for action in the sixties, comprising the report of the President's Commission on National Goals and chapters submitted for the consideration of the Commission*, Prentice-Hall.
- Vecchi, B. (2016), "Il muratore dell'intelligenza artificiale", *Il manifesto*, 27 gennaio 2016, link: <https://ilmanifesto.it/marvin-minsky-il-muratore-dellintelligenza-artificiale> (ultimo accesso, 28 agosto 2025).
- Winograd, T., Flores, F. (1986), *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*, Ablex Publishing, New York.
- Wiske, M. S. (1998), *Teaching for understanding: Linking research with practice*, Jossey-Bass, New York.

2. Educazione e formazione del pensiero e dell'intelligenza (umana), oltre le stagioni dell'IA

di *Piergiuseppe Ellerani*

Prologo

Luciano Floridi è molto netto nel ri-leggere e re-interpretare il senso dell'originaria definizione di IA, operata da McCharty, Minsky, Rochester e Shannon per la Rockefeller Foundation. Il suo ragionamento considera l'IA come controfattuale: «La definizione non ha nulla a che vedere con il pensiero ma esclusivamente con il comportamento; se un umano si comportasse in quel modo, quel comportamento sarebbe definito intelligente. Non significa che la macchina sia intelligente o che addirittura stia pensando» (Floridi, 2022, p. 44). Nella tensione a definire cosa sia l'IA e quanto sia o meno “intelligente”, Floridi considera un malinteso strutturale credere che l'IA riguardi la congiunzione tra agire artificiale e comportamento intelligente in nuovi artefatti, essendo vero esattamente il contrario, ovvero che la rivoluzione digitale ha reso l'IA non solo possibile (attraverso la datificazione e la condizione onlife) ma sempre più utile separando la capacità di risolvere un problema o di portare a termine un compito con successo dall'esigenza di essere intelligenti nel farlo (Floridi, 2022, p. 34). Quindi il focus non è più sull'ontologia dell'intelligenza, ma sulla funzione esterna osservabile, un criterio operativo che apre la strada a un'IA valutata sul fare e non sull'essere. Per altro, il pensiero di Floridi è in buona compagnia: Searle (1980) smonta l'idea che un programma possa, da solo, produrre intenzionalità: un sistema può seguire regole e dare risposte corrette – ovvero comportarsi “come se” fosse intelligente – senza comprendere nulla. In questo senso, Searle condivide con Floridi la separazione netta fra comportamento intelligente e pensiero reale. Più recentemente, Margaret Boden (2016) sostiene che l'IA debba essere giudicata in termini di funzionalità esterna – i risultati dell'agire – e che l'attribuzione di intelligenza a una macchina è sempre un atto interpretativo umano – ovvero

della sua attribuzione di intenzionalità – piuttosto che una constatazione ontologica. È anche possibile che all’atteggiamento intenzionale venga attribuito un significato “strategico”, ovvero trattare un sistema “come se” avesse realmente intenzioni ci permette di prevederne il comportamento e considerarlo intelligente per scopi pratici (Dennet, 1987). Questa posizione diverge parzialmente dalle precedenti: il “come se” non è solo un’illusione utile, ma il modo stesso in cui operiamo ogni attribuzione di intelligenza, anche negli umani. Minsky (1986), pur essendo tra i firmatari della definizione originaria di IA del 1955, non si è mai limitato al solo comportamento osservabile. Egli considera l’intelligenza come emergente da un insieme di agenti semplici interagenti, e considera la mente una struttura composta e simulabile. Ed è la posizione epistemologica che ha dato origine alla primavera iniziale dell’IA: vi è in Minsky l’attenzione al fare dell’IA, ma non rinuncia a ipotizzare che, data la giusta architettura, una macchina possa effettivamente avere processi mentali complessi, senza ridursi al puro “come se”. Pur tuttavia, questa posizione apre ad un’osservazione rilevante: le ricerche sull’IA aspirano sia a riprodurre i risultati o l’esito positivo del nostro umano comportamento intelligente con mezzi non biologici, sia a produrre l’equivalente non biologico della nostra intelligenza, cioè la fonte di tale comportamento (Floridi, 2022, p. 48). L’identificazione dei due poli conseguenti, un’IA riproduttiva e un’IA produttiva, genera premesse interessanti per la comprensione e la progettazione educativa dei curricula o la considerazione dell’IA in ambiente didattico, ma anche per “inquadrare” in modo attualmente (più) oggettivo il significato e alcune conseguenze (più o meno possibili); da una parte l’approccio ingegneristico, dall’altro l’approccio cognitivo. Il versante riproduttivo è quello in cui l’IA ha ottenuto e ottiene i risultati migliori rispetto all’intelligenza umana, in situazione sempre più diverse. Di fatto siamo innanzi agli studi ingegneristici interessati nel corso degli anni, alla riproduzione del comportamento intelligente, dove la velocità di processare informazioni e gestire risorse computazionali è inequivocabilmente più efficiente. Ma tutto ciò non significa “essere umani”. L’altro versante è quello dell’IA produttiva, e contempla il settore delle scienze cognitive interessate alla produzione di intelligenza, uguale o maggiore a quella degli esseri umani. Da questo punto di vista, seppure siano esattamente in questo versante che si susseguono speculazioni più o meno scientifiche e giornalistiche verso le rappresentazioni di mondi distopici, l’IA produttiva non è ancora “umana”, ed è molto distante dall’esserlo (ancora). Questo ragionamento ci porta a considerare come l’IA sia artefatto tecnologico che opera un’ulteriore forma di interazione tra gli esseri umani, che diviene la particolare condizione tecno-umana (Benanti, 2022, p. 84) costitutiva di una, altrettanto nuova, biunivocità. Ovvero, non è solo

l'uomo che plasma il mondo e lo modella grazie agli artefatti tecnici, ma sono gli stessi artefatti che lo plasmano, coinvolgendone la comprensione e la stessa intelligenza e, di conseguenza, fino a modificarne la stessa condizione biologica (Ardizzi, 2025, p. 68). L'esperienza dell'artefatto è esperienza creatrice, generativa, partecipativa della stessa esperienza umana. E allora l'artefatto tecnologico si caratterizza in relazione sia all'esistenza di colui che lo produce ma anche di coloro che se ne servono (Benanti, 2022, p. 126). Tale interpretazione considera necessariamente la condizione di co-evoluzione, nella quale formazione del pensiero e intelligenza sono intrecciati biunivocamente con l'ambiente. Il fatto che ciò che sta intorno e che gli ambienti con cui i nostri artefatti ingegnerizzati devono negoziare siano divenuti sempre più adattivi all'IA riproduttiva e alle sue limitate capacità (Floridi, 2022, p. 57) pone innanzi al problema che, avvolgendo il mondo, le nostre tecnologie possano plasmare i nostri ambienti fisici e cognitivi e operare una sorta di adattamento forzato ad essi, come il modo più semplice ed efficiente – unico – per far funzionare le cose. Due osservazioni finali: si apre la stagione del design dell'IA, che richiede – come ogni design – un progetto. Nel nostro caso si tratta di un progetto umano per la nostra era digitale, nella quale l'IA è definita come nuova forma dell'agire (Floridi, 2022, p. 36). Come una delle possibili conseguenze, in questa era dell'IA abitata dagli esseri umani, non sono le intelligenze artificiali bensì la stupidità naturale (Benanti, 2024). E quindi il *discorso educativo* e formativo è avvolto in tutta la sua centralità: pensiero, intelligenza e processi storico-culturali. L'itinerario dei successivi paragrafi, percorre tre tappe: una prima a partire dall'origine del pensiero computazionale come premessa della teoria costruzionista dell'apprendimento, e considera alcuni esiti nell'incrocio con l'IA; una seconda tappa percorre altre forme del pensiero (riflessivo, critico, creativo) da tempo ritenute necessarie per equipaggiare ad affrontare cambiamenti e complessità, oggi più che mai intrecciate con l'affermarsi dei sistemi di IA (dentro e fuori i sistemi formali dell'apprendimento). La terza tappa conduce ad alcune prospettive che rileggono lo sviluppo del pensiero superiore anticipato da Vygotskij. L'insieme vorrebbe tratteggiare un quadro di complessità entro il quale significare l'agire didattico e di costruzione di un curriculum di IA (cfr. cap. 3-4).

1. Minsky, Papert e le radici del pensiero computazionale

Quando Marvin Minsky, nei primi anni '60, pubblica *Steps Toward Artificial Intelligence* (1961), la sua riflessione non si limita a un'elaborazione ingegneristica dell'intelligenza artificiale, ma si apre ad una consi-

derazione epistemologica che ha implicazioni profonde per l'educazione. Individua i processi percettivi e di apprendimento come sistemi modulari e interconnessi, sottolineando come la comprensione emerga dall'interazione fra schemi cognitivi specializzati. Assumendone la prospettiva, il valore educativo di tale impostazione risiede nella possibilità di pensare la mente dello studente come un "sistema di sistemi", in cui l'apprendimento non è lineare ma stratificato e riorganizzabile: «Nessun sistema complesso può fare a meno di una struttura preesistente: senza una qualche organizzazione iniziale, non vi è alcuna base per selezionare, immagazzinare e usare l'esperienza. Ma senza qualche capacità di modificare e ampliare la propria organizzazione, un sistema rimane rigido e incapace di affrontare situazioni nuove» (Minsky, 1961, p. 17). Nella ricerca su come l'IA potesse assumere una qualche formalizzazione per apprendere, di fatto – come abbiamo evidenziato – affondano le premesse sulla conoscenza di "come" le mente potesse funzionare. Appare interessante la classificazione dei problemi che l'IA doveva affrontare per "apprendere" che, a posteriori, offre una lettura per la strutturazione del pensiero computazionale: rappresentazione della conoscenza, ricerca di soluzioni, apprendimento per rinforzo e riconoscimento di pattern. Sono la direzione che oggi ancora gli studi sul pensiero computazionale – astrazione, decomposizione, modellizzazione – e mostrano come questo possa essere guida in diversi domini cognitivi e disciplinari (Grover, Pea, 2013). «Un sistema veramente intelligente dovrebbe essere in grado non solo di aggiungere nuove informazioni, ma anche di ricombinare, generalizzare e astrarre a partire dalle esperienze pregresse» (Minsky, 1961, p. 19).

L'approfondimento della prospettiva continua nell'*Artificial Intelligence Progress Report* (1971), nel quale si assume che l'IA non è il tentativo di replicare un'intelligenza monolitica, bensì di simulare l'interazione di processi elementari autonomi. Questa prospettiva trova la sua massima espressione in *The Society of Mind* (1986), dove si afferma che: «The mind is not a single, unified thing, but rather a society of many smaller processes, which themselves are not so very smart» (Minsky, 1986, p. 17). Ovvero, l'intelligenza emerge dalla cooperazione di agenti semplici, ciascuno dotato di capacità limitate, ma organizzati in architetture flessibili. Il rilievo pedagogico di questa concezione è evidente: educare al pensiero significa sviluppare non un'unica abilità cognitiva, ma un ecosistema di strategie, procedure e prospettive che possano cooperare nella risoluzione di problemi. Ed è proprio dall'incontro con Seymour Papert al MIT, che gli studi di Minsky si estendono da "possibilità" a "forma concreta" di ricadute educative; la loro cooperazione segna il passaggio da una visione prevalentemente teorica a una declinazione educativa dell'IA. Papert (1980), nell'elaborare

la teoria del costruzionismo, afferma che l'apprendimento avviene in modo privilegiato quando il soggetto costruisce artefatti condivisibili con altri e significativi: «Constructionism shares constructivism's view of learning as 'building knowledge structures'... but it adds the idea that this happens especially felicitously in a context where the learner is consciously engaged in constructing a public entity» (Papert, Harel, 1991, p. 1). L'artefatto – materiale o digitale – diventa così il mediatore tra il pensiero interno e il mondo esterno, consentendo allo studente di riflettere sul proprio processo cognitivo e sviluppare capacità di meta-riflessione (Kafai, Burke, 2014).

Sulle premesse di Minsky e Papert, il pensiero computazionale è stato successivamente definito come «a fundamental skill for everyone, not just computer scientists» sottolineando che esso implica la formulazione di problemi in modo che possano essere risolti da un agente computazionale, l'organizzazione e l'analisi di dati, l'automazione di soluzioni e la generalizzazione di procedure (Wing, 2006, p. 33). Il pensiero computazionale viene avvolto di caratterizzazione didattica quando è interpretato come orientato allo sviluppo di concetti (sequenze, cicli, eventi, condizionali, variabili), pratiche (iterazione, debugging, test, modularizzazione) e prospettive (collaborazione, espressione personale, riflessione critica) (Brennan, Resnick, 2012). Le tre condizioni espresse da Brennan e Resnick aiutano a riconoscere l'esistenza di un ciclo spiraleforme nella formazione del pensiero computazionale: esplorazione di una vasta gamma di conoscenze per formulare delle tesi, una loro discussione e verifica/validazione, la riflessione trasformativa.

L'estensione della prospettiva porta a considerare la formazione del pensiero computazionale come forma per la cittadinanza digitale (critica). Il pensiero computazionale non va ridotto a competenze di programmazione, ad un tecnicismo, ma dovrebbe essere inteso come pratica culturale e riflessiva, integrata nei curricula scolastici e capace di promuovere (Ranieri, 2024; Ranieri, Gianpaolo, Bruni, 2020):

- consapevolezza critica rispetto alle tecnologie;
- integrazione interdisciplinare nelle diverse aree disciplinari;
- competenze sociali e collaborative, oltre quelle tecniche;
- valutazioni autentiche, centrate sul processo oltre che sul prodotto.

Luciano Floridi (2009) sottolinea che il pensiero computazionale modifica la nostra concezione della realtà, con la conseguente attenzione a non trascurare il rischio che l'automazione riduca la complessità del giudizio (umano) (Feenberg, Winner), considerando l'urgenza di mantenere un equilibrio tra il “pensare con” e il “pensare su” le macchine (Turkle, 2015). L'evoluzione del pensiero computazionale, dunque, si può interpretare come un percorso che parte dalla matrice cognitiva e ingegneristica (Minsky,

Papert), passa attraverso la definizione di competenza trasversale (Wing), e approda a una declinazione pedagogica e socio-culturale, orientata alla formazione di cittadini capaci di interagire criticamente con le tecnologie, comprenderne le implicazioni e partecipare attivamente alla società digitale. In questa prospettiva, “formare” al pensiero computazionale significa, oggi, sviluppare non solo abilità di codifica e problem solving, ma anche consapevolezza, creatività e responsabilità etica verso la nascente relazione con gli algoritmi generativi l’IA.

2. Il costruzionismo di Seymour Papert: imparare a pensare progettando e programmando artefatti

Quando Seymour Papert inizia a formulare la teoria del costruzionismo, lo fa muovendosi su un terreno teorico già denso di fermento. La sua formazione è segnata dall’incontro con Jean Piaget a Ginevra, presso l’*International Centre for Genetic Epistemology*, dove collabora negli anni ’60 e assimila la prospettiva costruttivista secondo la quale la conoscenza è il risultato di un processo attivo di costruzione da parte del soggetto. Da Piaget, Papert eredita l’idea che il sapere non è una copia della realtà, ma una costruzione dell’individuo (Piaget, 1970), ma se ne discosta presto per introdurre un elemento radicale: l’apprendimento si potenzia quando chi apprende è impegnato a costruire un artefatto significativo, destinato a un pubblico, capace di essere condiviso, discusso e migliorato.

Papert (1991) definisce così la propria posizione: «Il costruzionismo condivide la visione costruttivista dell’apprendimento come costruzione di strutture di conoscenza... ma aggiunge l’idea che ciò avvenga in modo particolarmente felice in un contesto in cui chi apprende è consapevolmente impegnato nella costruzione di un’entità pubblica» (p. 1). In questa prospettiva, il sapere non è più soltanto un insieme di strutture mentali interne, ma si concretizza in un oggetto esterno – materiale o digitale – che diventa mediatore tra il pensiero e il mondo. Papert (1993, p. 11) chiama questi artefatti «oggetti con cui pensare» (*objects-to-think-with*), sottolineando come il loro valore risieda nella capacità di fungere da catalizzatori per il pensiero: essi offrono un supporto materiale alla riflessione, consentono la manipolazione concreta di idee astratte e rendono visibile il ragionamento. «Non penso al computer come a un utensile, ma come a un medium in cui nuove forme di pensiero possono crescere e nuove forme di espressione possono fiorire» (Papert, 1980, p. 4).

Il linguaggio Logo, sviluppato con Cynthia Solomon nei primi anni ’70, diventa il laboratorio vivente di queste intuizioni. Logo non è per Pa-

pert semplicemente un linguaggio di programmazione, ma un ambiente epistemologico in cui i bambini possono esplorare concetti matematici e logici comandando una “tartaruga” grafica. «Quando un bambino programma la tartaruga, non sta imparando semplicemente a programmare: sta imparando a pensare in modo più chiaro e a sviluppare una relazione con il sapere matematico che è più personale e potente» (Papert, 1980, p. 6). Attraverso la programmazione della tartaruga, concetti geometrici come angoli, forme e simmetrie, nozioni numeriche come proporzioni e iterazioni, e strutture logiche come cicli e condizioni diventano esperienze concrete, manipolabili e osservabili.

Papert denuncia la distanza percepita da molti studenti rispetto alla matematica scolastica, spesso vissuta come disciplina mnemonica e astratta, e propone un approccio che ne restituisca la natura creativa ed esplorativa. In *Mindstorms* (1980) parla della necessità di «sradicare la paura della matematica» offrendo contesti in cui essa diventi «un linguaggio per descrivere e trasformare il mondo» (p. 21). In questo senso, l’artefatto matematico – che può essere un programma, un modello fisico o una simulazione digitale – è un dispositivo epistemico che stimola il pensiero riflessivo e rende il sapere matematico oggetto di costruzione attiva. Il debugging, pratica nativa della programmazione, si trasforma in metafora educativa: «Il debugging non è solo un modo per correggere errori, è un modo per imparare: insegna a non temere di sbagliare e a vedere ogni errore come una nuova domanda» (Papert, 1980, p. 23). Sono riconoscibili i tratti della metacognizione e della revisione dei processi di lavoro implicati nella didattica e che le evidenze della ricerca educativa rilevano come efficaci per migliorare i processi di pensiero di un apprendimento migliore.

Questa centralità dell’artefatto dialoga profondamente con la concezione della mente di Marvin Minsky. Nei suoi (*Perceiving, Learning, and Understanding* e *Steps Toward Artificial Intelligence*), egli descrive i processi cognitivi come sistemi modulari, interconnessi, in cui la comprensione emerge dall’interazione tra schemi specializzati. La formulazione matura di questa visione in *The Society of Mind* (1986) recita: «La mente non è una singola entità, ma una società di molteplici agenti» (p. 19). Questa prospettiva suggerisce che l’apprendimento non consista nello sviluppo lineare di un’unica facoltà, ma nella costruzione e coordinazione di un ecosistema di abilità cognitive interattive. Un artefatto, nella logica di Minsky, può essere visto come un “agente” esterno che interagisce con la rete di agenti interni, facilitando la riorganizzazione e l’espansione delle strutture mentali.

L’incontro tra Papert e Minsky al MIT ha reso possibile la traduzione di questa architettura concettuale in un approccio educativo concreto. L’artefatto costruzionista diventa così un nodo di una rete cognitiva estesa,

capace di stimolare interazioni multiple: cognitive, emotive, sociali. Se per Minsky l'intelligenza artificiale efficace nasce dalla cooperazione di moduli semplici, per Papert l'educazione significativa emerge dalla combinazione di progetti che hanno senso per gli studenti, strumenti appropriati e contesti motivanti.

A questa sintesi si aggiunge la prospettiva di Wing (2006), che definisce il pensiero computazionale come «una competenza fondamentale per tutti, non solo per gli informatici» (p. 33), includendo la capacità di formulare problemi in forma risolvibile da un agente computazionale, organizzare dati, automatizzare soluzioni e generalizzare procedure. Nell'ottica di Minsky e Papert, il pensiero computazionale non è solo una competenza tecnica, ma un processo di orchestrazione di agenti cognitivi, interni ed esterni, attraverso l'uso di artefatti che permettano di modellizzare, simulare e rappresentare concetti complessi.

Questa integrazione teorica, per Seymour Papert, ha implicazioni profonde per la didattica della matematica. Affrontare la matematica come un "ecosistema" – piuttosto che come un blocco monolitico – significa progettare ambienti in cui concetti, strategie e rappresentazioni possano interagire tra loro, proprio come avviene nella *Society of Mind*. In un laboratorio costruzionista, un progetto di programmazione per generare figure geometriche complesse può intrecciare decomposizione del problema, riconoscimento di pattern, uso di iterazioni e applicazione di principi geometrici. Allo stesso modo, un'attività con robot dotati di sensori per misurare velocità e distanza può connettere proporzionalità diretta, media aritmetica e funzioni lineari, intrecciando matematica, fisica e informatica in un'esperienza unica.

Nel tempo dell'intelligenza artificiale, queste esperienze possono essere potenziate con strumenti di modellizzazione e simulazione avanzati, permettendo agli studenti di esplorare scenari complessi e di sviluppare una metacognizione digitale capace di interrogare i processi automatizzati (Floridi, 2010; Turkle, 2011). L'obiettivo finale resta quello indicato da Papert (1993): «La cosa più importante che possiamo fare per l'apprendimento dei bambini è aiutarli a sviluppare la fiducia di poter imparare quello che desiderano imparare» (p. 140). Oggi, questo significa preparare cittadini capaci di pensare, creare e giudicare in un mondo sempre più governato dagli algoritmi, unendo la visione modulare di Minsky, l'epistemologia degli artefatti di Papert e la prospettiva inclusiva del pensiero computazionale di Wing in un'unica cornice per lo sviluppo del pensiero. Significa anche educare un pensiero di cittadinanza e di partecipazione alla costruzione della democrazia.

3. Le evidenze di ricerca: efficacia nell'apprendimento dei concetti scientifici attraverso il pensiero computazionale e gli ambienti costruzionisti con strumenti IA

L'interesse della ricerca educativa verso il pensiero computazionale (PC) è ben consolidato. Definito come un insieme di pratiche per analizzare e risolvere problemi tramite scomposizione, astrazione, progettazione di algoritmi, modellizzazione e simulazione, la sua rilevanza è stata sottolineata sia a livello teorico sia con riferimento all'organizzazione didattica delle aule di matematica e scienze (Wing, 2006; Weintrop et al., 2016), dove il PC si intreccia con le pratiche disciplinari coerenti (p.e. modellizzare, analizzare dati e costruire spiegazioni e argomentazioni). Nella scuola, sin dall'infanzia e fino alle scuole secondarie di secondo grado, l'integrazione intenzionale del PC si è diffusa con l'avvento di strumenti sempre più ricchi, come gli ambienti a blocchi, la robotica educativa, le simulazioni e gli strumenti di IA accessibili per tutte e tutti. Sono due le domande che ci poniamo, per sostenere con delle evidenze il lavoro dei docenti: quali effetti possiamo attenderci su apprendimenti e pratiche? Quali scelte progettuali massimizzano tali effetti in contesti reali di classe?

Un primo aspetto che possiamo considerare è relativo agli effetti sugli *apprendimenti disciplinari* attraverso le pratiche basate sul PC. La meta-analisi di Cheng e colleghi (2023) indica dei risultati di apprendimento solidi come effetto complessivo dell'integrazione del PC con le STEM, in tutti gli ordini di scuola (primaria, secondaria di I e II grado), particolarmente in scienze, fisica e biologia, oltreché allo sviluppo delle competenze trasversali. In matematica e chimica i risultati sono più eterogenei, e i ricercatori suggeriscono la necessità di organizzare compiti di modellizzazione con un'attenzione specifica al trasferimento concettuale. Tutti gli studi mostrano esiti trasversali relativamente alla durata: interventi brevi e intensivi possono produrre esiti rilevanti (anche per l'effetto della novità), mentre i percorsi più lunghi permangono efficaci se accompagnati dalla richiesta di artefatti durante il percorso, da feedback frequenti e momenti di riflessione (Cheng et al., 2023).

Un secondo aspetto riguarda le *condizioni* che rendono efficaci le attività che integrano il PC nelle STEM. Le attività incentrate su modellizzazione e simulazioni emergono tra le più efficaci poiché rendono visibili dinamiche e ipotesi di sistemi complessi, favorendo l'uso (e quindi il formarsi) del PC come capace di modellizzare, testare, generalizzare e spiegare con basandosi sui dati (Cheng et al., 2022; Weintrop et al., 2016). Analogamente sia la progressione nei diversi utilizzi di modalità di programmazione (per esempio da quella a blocchi a quella testuale) che la

qualità degli obiettivi richiesti con la programmazione, incidono nel consolidare il trasferimento degli schemi algoritmici in problemi diversi, e nel rafforzare la solidità del PC (Xu, Ritzhaupt, Tian, Umapathy, 2019; Cheng et al., 2022). Di molto interesse sono le condizioni didattiche che richiedono comprensione e generalizzazione: mappe su carta, role-play, realizzazione di artefatti manuali, alternati a coding e simulazioni, consentono agli studenti di accedere ai concetti teorici, senza abbassare il livello del rigore computazionale (Cheng et al., 2022). Essendo un processo in grado di analizzare e risolvere problemi tramite scomposizione, astrazione, progettazione di algoritmi, modellizzazione e simulazione, anche tutti i sistemi didattici “analogici” contribuiscono allo sviluppo e al consolidamento del PC, se ancorato a pratiche ricorsive di feedback e riflessione.

Un terzo aspetto riguarda l'IA e le *STEM* come contesti per lo sviluppo del PC: gli studi mostrano dei miglioramenti significativi su alcune conoscenze specifiche di tipo disciplinare e sull'attivazione del PC quando sono organizzati sistemi di apprendimento secondo uno scaffolding graduale (Hsu et al., 2021; Huang, Qiao, 2024), associato a incrementi di motivazione e auto-efficacia. In questo contesto assume particolare rilevanza la robotica educativa, che costituisce un contesto didattico efficace per sviluppare PC, in particolare quando il lavoro è collaborativo e supportato da compiti e ruoli chiari attribuiti agli studenti e da routine di feedback costanti (Kerimbayev et al., 2023). Laddove viene richiesta una modellizzazione matematica che richiede il PC, vi è un aumento significativo dell'engagement degli studenti (Fitriani et al., 2024). Gli studenti sono coinvolti in attività di modellizzazione che richiedono scomposizione, formulazione di ipotesi, raccolta/analisi di dati e test di soluzioni in modo cooperativo con un coinvolgimento molto alto: questa annotazione rafforza l'idea che il PC sia un modo per “vedere” e manipolare concettualmente i sistemi per lo sviluppo di una forma di pensiero in sé, non solo per programmare.

Un aspetto che approfondiamo estende l'elemento di organizzazione didattica per sostenere il PC. Attività efficaci richiedono agli studenti di confrontare dataset e modelli alternativi, giustificare scelte algoritmiche, esplicitare assunzioni e discutere con accuratezza e attenzione alla generalizzabilità: da questa prospettiva, il Problem-Based Learning diviene un riferimento didattico particolarmente efficace, guidato da problemi autentici, mal definiti ma circoscritti, e strutturato in forme progressive che richiedono lo scaffolding del docente (Holmes et al., 2015; Anggraeni et al., 2023). La progettazione attraverso il Problem-Based Learning nelle discipline con l'obiettivo di sviluppare il PC, spesso è potenziata se viene effettuata con il ciclo esperienziale di Kolb, che alterni esperienza concreta, riflessione, concettualizzazione e sperimentazione, ancorando i compiti a fenomeni

autentici e localizzati, come gli ecosistemi del territorio, l'energia, la mobilità, la salute, che rappresentano forme di problemi per l'attuazione del PC (Cheng et al., 2022; Hsu et al., 2018; Weintrop et al., 2016).

L'integrazione intenzionale del PC nelle discipline STEM/STEAM – anche attraverso prime esperienze accessibili di IA – produce benefici tangibili su apprendimenti e pratiche di pensiero. La qualità del design resta la variabile chiave, dove è necessario considerare i compiti autentici, i cicli esperienziali, l'orchestrazione di analogico e digitale, la collaborazione strutturata e le forme di valutazione continua (feedback).

4. Dagli antecedenti del pensiero computazionale alle forme dell'essere Human-in-the-loop: pensiero riflessivo, critico, creativo. L'educazione democratica nel tempo dell'IA

4.1. *Il pensiero riflessivo apertura alla metacognizione e comprensione dei LLM*

Il pensiero riflessivo è «l'attivo, persistente e attento esame di qualsiasi credenza o forma di conoscenza alla luce dei fondamenti che la sostengono e delle conclusioni verso cui tende» (Dewey, 1910, p. 9). Pensare, non è un atto spontaneo o privo di fatica, ma un processo che richiede sospensione del giudizio, esame critico e rielaborazione dell'esperienza: «il pensare è faticoso; richiede il fare un passo indietro per osservare il pensiero in azione e riflettere su di esso, così che possiamo apprendere dall'esperienza» (Dewey, 1910, p. 78). Il “pensiero riflessivo” è, nella prospettiva deweyana, al centro dell'esperienza educativa, e occorre considerarlo come una disposizione metodologica che dovrebbe essere coltivata intenzionalmente lungo l'intero percorso formativo di allievi e allieve. Il senso ultimo dell'azione educativa non è soltanto saper accedere alle informazioni, ma sviluppare la capacità di valutare criticamente le situazioni, i problemi (che esistono o che si potrebbero porre) e le decisioni che si dovrebbero prendere, in modo tale da partecipare intenzionalmente e consapevolmente alla vita sociale: «l'educazione democratica richiede che ciascun individuo sia capace di giudizio autonomo e di partecipazione critica alle attività comuni» (Dewey, 1916, p. 112). Il pensiero riflessivo diviene ponte tra esperienza individuale e vita collettiva, legando il sapere disciplinare appreso alla vita reale, ovvero a quanto oggi definiamo come responsabilità civica. L'educazione dovrebbe dunque fornire ad allieve e allievi «gli strumenti per interpretare la complessità del mondo e agire in esso con discernimento» (Dewey, 1927,

p. 56) e questo implica una costante interazione tra teoria e pratica e, nella loro continua interazione, la conoscenza viene costantemente verificata, modificata e riapplicata. «La riflessione è il discernimento della relazione fra quel che cerchiamo di fare e quel che succede di conseguenza. Nessuna esperienza che abbia un significato è possibile senza qualche elemento di pensiero. Ma possiamo contrapporre due tipi di esperienza secondo la proporzione di riflessione che vi troviamo. In tutte le nostre esperienze c'è uno stadio di prova, quella che gli psicologi chiamano il metodo “prova ed errore”. Noi ci limitiamo a fare qualcosa e continuiamo a provare finché quel qualcosa va bene e allora adottiamo quel metodo come una regola approssimativa. Il nostro discernimento è molto rudimentale. In altri casi ci spingiamo più oltre nell'osservazione. Analizziamo per vedere cos'è che fa da intermediario in modo da collegare causa ed effetto attività e conseguenza. Questo nostro scrutare più a fondo ci permette di prevedere con maggiore accuratezza e completezza. In qualche misura comprendiamo quali siano le condizioni richieste per l'effetto che ci si aspettava. Il metodo estende il nostro controllo pratico. E questo cambia la qualità dell'esperienza» (Dewey, 1916, p. 195).

Il significato trasformativo dell'esperienza riflessiva avviene nell'attribuzione di senso all'apprendimento come esperienza. L'agire del pensiero riflessivo accende l'apprendere, presuppone l'attivazione di un processo cognitivo che aiuta a guardare a quello che si fa durante lo svolgimento del compito, ricordando come si è fatto prima, per poterlo realizzare meglio successivamente; e più pensiero riflessivo poniamo in questa attività, più probabilmente potremo goderne i frutti, di conseguenza, delle cose che abbiamo appreso. È particolarmente interessante l'attività di “prevedere” e di “controllare” esplicitati nel pensiero di Dewey, come un pensare cosciente sull'esperienza, che apre ai fondamenti dell'agire metacognitivo che diviene la conoscenza sulla nostra attività mentale, piuttosto che la conoscenza che guida il comportamento, laddove la conoscenza metacognitiva si acquisisce, si sviluppa e si esplicita in interrelazione con il comportamento cognitivo (Cornoldi, 1995).

Il quadro che viene a comporsi è particolarmente pertinente nell'era del pensiero computazionale e dell'IA.

Il pensiero riflessivo fornisce infatti il quadro metacognitivo entro cui collocare le abilità computazionali, impedendo che esse si riducano, negli studenti, a mere procedure tecniche. L'integrazione di approcci riflessivi nello sviluppo delle competenze digitali favorisce una comprensione più critica delle tecnologie e delle loro implicazioni sociali. In particolare, il pensiero computazionale, per essere formativo, dovrebbe includere momenti di riflessione sulla natura dei problemi, sugli strumenti impiegati e sugli

effetti delle soluzioni adottate (Ranieri, 2021; Ranieri, Gianpaolo, Bruni, 2019; Ranieri, Biagini, 2025).

Questa connessione tra riflessione e computazione è coerente con le posizioni che considerano il pensiero computazionale «una competenza fondamentale per tutti» (Wing, 2006, p. 33), ma solo se accompagnato da una consapevolezza critica del processo e dei suoi limiti. Floridi (2010) ne rafforza il significato, sostenendo che l'educazione digitale dovrebbe includere non solo «il saper fare», ma anche «il saper pensare il fare», recuperando la lezione di Dewey, per il quale il pensiero riflessivo è inscindibile dalla vita democratica: non può esserci democrazia senza cittadini capaci di pensare in modo autonomo e collaborativo. Dunque, il loro sviluppo consente di partecipare alla vita associata, a deliberare insieme, a porre e risolvere problemi complessi e resistere alle semplificazioni che impoveriscono il dibattito pubblico, fornendo prassi a quella che assumiamo come vita democratica.

La formazione al pensiero riflessivo diviene anche presupposto per l'utilizzo critico delle tecnologie, così come per la valutazione della qualità delle informazioni e per la costruzione dell'ormai conclamata cittadinanza digitale responsabile. In questo senso, l'eredità deweyana ci offre ancora una guida preziosa per formare soggetti non solo competenti, ma anche consapevoli e partecipi alla vita associata.

4.2. Il pensiero critico che accompagna il cambiamento

Seppur siano note le radici filosofiche della Grecia antica del pensiero critico e la matrice pragmatista di Dewey che ne ha alimentato e sviluppato la categoria pedagogica autonoma, sono i lavori di Lipman (1988a; 1988b), Sternberg (1986a) e Paul (1992) che hanno avviato la corrente di studi sul pensiero critico in educazione e nella didattica pervenendo ad una prima definizione condivisa: «un giudizio intenzionale e auto-regolato che comporta interpretazione, analisi, valutazione e inferenza, nonché spiegazione delle considerazioni evidenziali, concettuali, metodologiche, criteriologiche o contestuali su cui tale giudizio si fonda» (Facione, 1990, p. 3).

Nelle posizioni della pedagogia critica possiamo individuare alcuni antecedenti, dove le prospettive educative di Paulo Freire legano indissolubilmente l'apprendere e l'esercitare il pensiero critico al cambiamento delle condizioni che impediscono il pieno sviluppo delle soggettività (e della realtà nella quale si vive): «la liberazione è una praxis: l'azione e la riflessione degli uomini e delle donne sul loro mondo per trasformarlo» (Freire, 1970, p. 79). L'azione del pensiero critico, in questa prospettiva, diviene

azione politica consapevole, volta a riconoscere le strutture di oppressione e di subalternità, e a costruire delle alternative, attive ed emancipative, in direzione partecipativa e democratica. Attraverso «l'educazione intellettuale che non impedisca lo sviluppo del senso critico e si svolga in senso plurilaterale divenendo elemento della razionalità problematica – intesa come capacità di rimettere continuamente in discussione i propri schemi cognitivi e valoriali per progettare risposte nuove a situazioni inedite – si rende possibile il superamento delle strumentalizzazioni» (Bertin, 1968, p. 120). Di fatto, nella direzione bertiniana è possibile intravedere elementi di quella trasformatività che attraverso l'itinerario educativo rende possibile «un nuovo modello di umanità» (Bertin, 1976, p. 258), come abbiamo visto già presente in Freire, così come in quel significato di trasformazione delle premesse (o credenze) individuate da Mezirow (1993) come percorso di liberazione dagli impedimenti del pieno sviluppo soggettivo. Se continuiamo la traccia del percorso, l'incontro con le proposte dei quadri di competenze europei di ultima generazione (LifeComp, 2022; GreenComp, 2022; DigiCompEdu) ravviva il senso di cambiamento di “nuovo modello educativo”. La formazione del pensiero critico – un pensiero di ordine elevato – è fondamentale per affrontare l'incertezza, le complessità e il cambiamento (Life Comp, 2023, p. 66), e comporta un'analisi autonoma e competente di informazioni, convinzioni o conoscenze, con una ricostruzione continua del proprio pensiero, per promuovere una razionalità in grado di riconoscere aree di incoerenza e contraddizione del pensiero, dei possibili errori, e ricorrere al senso intellettuale di giustizia e di fiducia nella ragione.

L'itinerario antecedente, che abbiamo rapidamente percorso, giustifica l'avvenuta sintesi verso l'identificazione del pensiero critico di correnti differenti – filosofica, psicologica, pedagogica – che hanno avviato azioni di ricerca su nuovi modelli educativi e didattici fondati su premesse coerenti.

Seppure il pensiero critico sia avvolto da una pluralità di definizioni, al loro interno possono essere identificati alcuni tratti comuni dell'agire didattico e curricolare, che possono essere assunti come regolativi, e che portano ad individuare proprietà di educabilità del profilo: dalla caratteristica di un «pensiero competente e responsabile che facilita un buon giudizio perché si fonda su criteri, autocorrettivo e sensibile al contesto» (Lipman, 1988b, p. 39); al riconoscimento di un tipo di pensiero che esprime «processi mentali, strategie e rappresentazioni che le persone usano per risolvere problemi, prendere decisioni e apprendere nuovi concetti» (Sternberg, 1986, p. 3); all'essere in grado di saper «vedere entrambi i lati di una questione, essere aperti a nuove prove che confutano le proprie idee, ragionare in modo imparziale, esigere che le affermazioni siano supportate da prove,

dedurre e inferire conclusioni a partire dai fatti disponibili, risolvere problemi, e così via» (Willingham, 2007, p. 8).

In sintesi, i pensatori critici prendono decisioni migliori in situazioni complesse, ricorrono meno a pregiudizi, tendono a rendimenti di apprendimento più elevati, utilizzano l'insieme di informazioni che permettono loro una partecipazione civica attiva (Dwyer, Hogan, Stewart, 2014). Considerando inoltre che il pensiero, sempre situato socialmente, è influenzato da opportunità e vincoli dei diversi contesti (Moseley et al., 2005), possiamo ricondurre lo sviluppo del pensiero critico al modello deweyano della scuola-laboratorio, attraverso il quale i processi educativi e lo sviluppo della forma del pensiero si svolgono e amplificano all'interno di una *community of inquiry*, in cui la discussione socratica – Philosophy for Children – stimola abilità di argomentazione, ascolto e revisione critica delle proprie posizioni (Lipman, 2003).

I tratti della comunità di ricerca non definiscono solo un possibile metodo didattico, ma offrono «un contesto formativo che consente lo sviluppo integrato di competenze cognitive, sociali ed emotive» (Santi, 2006, p. 58), dimostrando come la Philosophy for Children possa migliorare la capacità di analisi, la coerenza argomentativa e l'ascolto critico negli studenti (Santi, 2011), proponendo modelli di intervento per diversi ordini di scuola.

Lo sviluppo del pensiero critico come funzione psichica superiore mediata culturalmente – nella relazione e con i pari – è altresì una prospettiva che possiamo individuare nella teoria di Vygotskij: la Zona di Sviluppo Prossimo intesa come «la distanza tra il livello di sviluppo reale [...] e il livello di sviluppo potenziale determinato attraverso la risoluzione di problemi sotto la guida di adulti o in collaborazione con pari più capaci» (Vygotskij, 1978, p. 86) descrive il processo attraverso cui la regolazione metacognitiva e l'analisi critica emergano dal lavoro cooperativo e dall'uso di strumenti simbolici. Luciano Mecacci ha sottolineato come, da questa angolatura, la storicità degli strumenti culturali non sia semplice sfondo sociale, ma condizione necessaria per l'acquisizione di funzioni cognitive complesse come la valutazione e l'argomentazione (Mecacci, 2017).

L'educazione al pensare critico, di conseguenza, avviene come pratica situata, cooperativa e culturalmente mediata: radicata nel metodo riflessivo deweyano, trova specificità nella *community of inquiry* di Lipman e Santi, nella quale la Zona di Sviluppo Prossimo svolge funzione di accompagnamento verso l'autonomia a partire dalle soggettività che la compongono. Il pensare critico non si riduce a semplice competenza logica, tende a configurare un *habits of mind* capace di indagine e disposizione etica al confronto, alla revisione e alla trasformazione soggettiva.

Ed è di fondamentale importanza per saper valutare con senso critico le interazioni che avvengono con gli algoritmi capaci di generare testi e

ragionamenti così come gli esiti a cui si perviene con le mediazioni successive (testi, fonti, suggerimenti, processi, previsioni).

4.3. Il pensiero creativo al tempo dell'IA

«Il creativo nella vita intellettuale è valorizzabile indubbiamente da un atteggiamento che faccia leva sulla discussione, sulla sperimentazione, anziché sulla ricezione passiva dei risultati del sapere» (Bertin, 1976, p. 53). La relazione tra il creativo – come parte della vitalità intellettuale complessiva del soggetto – è accentata da Bertin sull'attivazione dei processi che sviluppano l'atto creativo piuttosto che sull'immobilità del pensiero, individuando nella discussione tra differenze il contesto che forma. Nell'interazione con la predittività dei sistemi di LLM, per saper porre in relazione, e fornire significato a, informazioni che non verrebbero mai considerate, il creativo – pensiero – è una risorsa strategica per la relazione intelligente e collaborativa con gli algoritmi e per affrontare la trasformazione sociale in atto e futura.

Nella dimensione contemporanea, il pensiero creativo è definito come la capacità di partecipare in modo produttivo alla creazione, valutazione e miglioramento di alternative che portano a soluzioni originali ed efficaci (De Cássia et al., 2021), e costituisce l'elemento fondativo dell'intero processo creativo, poiché chi sviluppa e possiede queste capacità mostra un potenziale maggiore di nuovi risultati e progressi innovativi in contesti diversi (Chen et al., 2015). È individuato come un processo cognitivo che genera idee, risposte o prodotti, nello stesso tempo originali e utili ed è legato al problem solving complesso, poiché i problemi creativi presentano novità, scarsa definizione, complessità e apertura spingendo oltre i confini del pensiero convenzionale e favorendo l'esplorazione di nuove possibilità (Mumford, McIntosh, 2017; Mumford et al., 1991; Sternberg, 1985b).

L'accento può essere posto sul pensiero creativo come un processo cognitivo che rende il soggetto costantemente attivo e coinvolto in qualsiasi compito o studio. Implica la capacità di riconsiderare concetti semplici o apparentemente incomprensibili con uno sguardo non convenzionale e da prospettive inedite, anche attraverso un'esplorazione sistematica e l'acquisizione di nuove conoscenze, così come attuando l'impegno per il proprio miglioramento (Revenko et al., 2024). In questa prospettiva il pensiero creativo comprende un doppio processo, divergente – che rompe gli schemi per generare molteplici idee (Guilford, 1956) – e convergente – che seleziona e integra le idee in esiti creativi di qualità (Benedek et al., 2012; Dietrich, Kanso, 2010; Liu, 2016).

In educazione, l'organizzazione e l'attenzione ai contesti per l'apprendimento, guidati da una didattica coerente, diviene condizione intenzionale per lo sviluppo del pensiero creativo: l'introduzione di processi creativi al posto di routine tradizionali stimola curiosità e innovazione, gli ambienti flessibili e collaborativi favoriscono sperimentazione e fiducia nell'esplorare nuove idee (Bermeo, Urquina, 2021; Villegas, 2021). Per progettare strategie efficaci di sviluppo della creatività, le evidenze mostrano che i processi del pensiero creativo considerano: la definizione del problema, la raccolta delle informazioni, la selezione di concetti/casi, la combinazione concettuale, la generazione e valutazione di idee, la pianificazione della realizzazione.

Alcuni punti di forza di una mentalità creativa sono stati delineati (Revenko, 2024) nel coinvolgimento, nella partecipazione al processo educativo, nell'autostima, nelle abilità comunicative, nella capacità di "cambiare marcia" rapidamente, nel rendimento scolastico, nella leadership, nell'orientamento ai futuri risultati professionali.

Dal punto di vista didattico alcuni approcci possono stimolare più di altri la formazione del pensiero creativo:

1. creare situazioni di ricerca;
2. esercitare un controllo formativo sul processo di sviluppo creativo;
3. facilitare l'acquisizione di abilità e competenze "in azione";
4. organizzare un apprendimento basato su problemi (inclusa la presentazione di informazioni contraddittorie e la posizione/determinazione del problema);
5. integrare compiti non standard (attività di progetto, uso delle tecnologie digitali con percorsi multipli di soluzione) (Revenko, 2024; Csikszentmihalyi, 1999).

Coltivare la creatività nell'istruzione superiore, spesso viene mostrato come la capacità di integrare strategie nelle metodologie didattiche attive con forme interdisciplinari di contenuto, per stimolare pensiero divergente e innovazione. Il ruolo del contesto è stato esplorato in profondità per mostrare come la creatività si esprima al meglio quando alta competenza e abilità creative si accompagnano a una forte motivazione intrinseca, sostenute da ambienti che premiano sperimentazione e autonomia (Amabile, 1996).

La creatività come forma di pensiero – non come un'attività isolata, o riservata alle arti – e modalità universale del pensare e del vivere, è stata anticipata da Dewey (1934), per il quale è nell'esperienza che possiamo riconoscere l'espressione creativa della vita; in questa prospettiva, il pensiero creativo emerge dall'interazione dinamica tra individuo e ambiente, in un processo continuo di problematizzazione, esplorazione e trasformazione.

Le prospettive tratteggiate si intrecciano con la visione di Seymour Papert, per il quale la creatività si manifesta pienamente quando l'apprendente è impegnato nella costruzione di un artefatto significativo, un "oggetto con cui pensare" (object-to-think-with) che mediatizza il processo creativo (Papert, 1980, 1993). Egli collega il fare creativo all'apprendimento profondo, in linea con la concezione di Vygotskij secondo cui la creatività è «un'attività della coscienza che combina elementi dell'esperienza passata per creare nuove realtà» (Vygotskij, 1972, p. 15), e che si sviluppa in interazione sociale, attraverso l'interazione con altri.

Includere creatività e innovazione tra le competenze chiave del XXI secolo, come richiesto dai quadri europei, evidenzia la presenza di contesti complessi nei quali avere continuamente problemi da risolvere, e non in forme note (Lansing-Stoeffler, 2023).

Un'educazione al pensiero creativo – nel tempo dell'IA e dell'innovazione accelerata – dovrebbe saper integrare la pluralità delle dimensioni che ne forniscono significato all'interno di contesti di apprendimento che incoraggino l'esplorazione, la riflessione critica, la capacità di trasformare le idee in realtà, la soluzione di problemi o il loro posizionamento, nella co-costruzione degli scenari possibili.

5. Lo sviluppo dei sistemi di funzioni per la formazione del pensiero superiore: l'attualità della teoria storico-culturale di Vygotskij nell'era dell'IA

Tre secoli sono attraversati dal pensiero di Vygotskij: l'Ottocento, nella sua fase terminale (1896), ne accompagna la nascita in un contesto storicamente e culturalmente connotato (di famiglia ebrea, vissuto nella Russia bolscevica, turbolenta e dilaniata dalla guerra civile); il primo Novecento, tra il '24 e il '34, ne accoglie l'immensa produzione scientifica edita e inedita, anch'essa soggetta a travagli e turbolenze dapprima internamente per il pensiero che portava – scritti rivisti e censurati postumi, dal '34 in poi che ne limitavano l'ampiezza e la portata – successivamente esterna, di traduzione occidentale, che ne ha distorto e ridotto il significato e le conseguenti attuazioni, a partire dai primi anni '60 fino agli inizi degli anni '80; il Novecento è stato anche il periodo di massimo impegno per riportarne a valore il pensiero originale (sia edito che inedito, in tutte le sue sfumature e sviluppi) grazie all'attività scientifica encomiabile di Luciano Mecacci (1992; 2022) e storiografica di Dorena Caroli (2020) e a ripulirlo dalle contaminazioni statunitensi, in particolare della teoria cognitivista, per restituirne integrità, originalità, creatività e prospettiva; per condurlo, nell'attraversa-

mento di questo primo lustro del nuovo millennio, ad essere ancora un riferimento nell'era dell'IA. Perché lo riteniamo ancora una stella pedagogica, a distanza di tempo, e di interessante prospettiva entro la quale interpretare, nella didattica, il fenomeno IA? Partiamo dalla prima grande caratteristica, ovvero la dimensione storico-culturale della teoria di Vygotskij.

5.1. Le proprietà “strutturali” della teoria

Mecacci (2022) enfatizza le proprietà del pensiero che originano la teoria storico-culturale: la cultura viene considerata non solo in un'interpretazione ristretta, ovvero come insieme di conoscenze e competenze che un individuo si forma durante la propria esistenza, bensì con un significato più ampio e articolato, ovvero sia come il complesso delle concezioni, dei simboli, dei modelli, delle regole, delle specifiche forme di attività materiale e produttiva, così come il complesso delle credenze religiose e filosofiche, delle istituzioni sociali, economiche e politiche, fino alle espressioni artistiche, letterarie e scientifiche. L'insieme avvolge e caratterizza una determinata società, in un determinato momento, all'interno dello stesso momento, più ampio, della storia dell'umanità. Dimensione storica dell'essere umano, quindi, e concetto di cultura esteso: è in questo contesto storico e culturale, che pre-esiste all'individuo e che varia temporalmente (epoca) e spazialmente (luogo nel pianeta nella stessa epoca), che sono immessi sin dalla nascita il corpo e la mente (come unica entità). Questa condizione alimenta una seconda proprietà del pensiero vygotskijano; i “rapporti sociali”, in una società storicamente data sono determinati dall'impianto economico-sociale-politico entro il quale si forma il soggetto; un macrosistema storico entro il quale si maturano le relazioni sociali – comprese ovviamente quelle di bambine e bambini. Due sono quindi gli aspetti che Vygotskij considera, nella seconda proprietà della teoria, uno dipendente dall'altro e non sovrapponibili: i rapporti sociali e le relazioni sociali. Dalle due proprietà – condizione storico-culturale e rapporti sociali – discendono alcuni assunti conseguenti (Vygotskij, 1992, p. 126): non esiste una mente pura, avulsa dal contesto storico e culturale, e sostenere il contrario è un'astrazione che assume finalità normative (e ideologiche); non esiste alcuna attività mentale indipendente da una strumentazione data dal contesto il contesto storico e culturale: esso fornisce alla bambina e al bambino, fin dalla prima infanzia, gli strumenti con i quali interagire con la realtà esterna (dal più semplice, il cucchiaino, a quello più complesso, oggi lo smartphone dotato di sistemi di IA). Ne consegue che la mente, una volta introdotti i nuovi strumenti e lavorando con essi, si crea nuove modalità interne di elaborazione

delle informazioni, di progettazione di programmi di cognizione e azione per la soluzione di problemi. Pur essendo protesi esterne, gli strumenti in realtà, sono di fatto mezzi interni a uno spazio mentale che li concepisce come essenziali per l'interazione con la realtà circostante. La storia agisce quindi sulla mente umana attraverso una dinamica riorganizzazione delle funzioni cerebrali che ne sono alla base, determinando una funzione tipica del cervello umano distintiva, ovvero la potenzialità di modificare i rapporti interfunzionali tra queste stesse strutture. Per sottolineare questa caratteristica Vygotskij ha introdotto il concetto di “sistema” per descrivere l'organizzazione funzionale del cervello alla base dei processi psichici umani: non solo una maggiore complessità delle sue funzioni, ma la formazione di “sistemi di funzioni” costituiti dalla loro integrazione (percezione, attenzione, memoria, pensiero, linguaggio) in grado di modificare la connessione iniziale tra queste funzioni (Vygotskij, 2022, pp. 39-40). Qualità e quantità di queste integrazioni sorgono in dipendenza dal contesto storico culturale e dai rapporti sociali conseguenti.

Sospendiamo per un momento l'analisi della teoria di Vygotskij, fermandoci a queste prime tappe. Cosa ci dicono le neuroscienze, oggi?

5.2. Le neuroscienze e il riconoscimento dei “sistemi di funzioni”

Attraverso la tecnica di neuroimaging, Ghassemzadeh, Posner, Rothbart (2013) – per verificare l'ipotesi di Lurija nello studio dell'attenzione a partire dall'esistenza di un sistema interamente automatico e di natura biologica coinvolto nell'orientamento verso eventi sensoriali – hanno confermato come fosse Vygotskij ad avere certamente ragione sull'importanza dell'influenza culturale e sociale nella formazione dell'attenzione (Corbetta, Shulman, 2002; Posner, Rothbart, 2007; Gao et al., 2009; Fair et al., 2009; Berger, Tzur, Posner, 2006; Posner et al., 2012). Analogamente, per Vygotskij, la mediazione è il meccanismo con cui i processi mentali elementari si trasformano in funzioni superiori, con enfasi sul ruolo svolto dalla dimensione storico-culturale e di rapporti sociali: il cervello sviluppato non si limita più a reagire direttamente agli stimoli sensoriali, ma media, interpreta, costruisce, rielabora, facendo emergere un quadro unitario in cui le reti cerebrali sono modellate congiuntamente da geni ed esperienza, permettendo di comprendere linguaggio e cultura all'interno di una struttura biologica (Ghassemzadeh, Posner, Rothbart, 2013).

Evidenze sull'evoluzione del linguaggio da mezzo di comunicazione a strumento del pensiero, coerenti con la teoria storico-culturale di

Vygotskij, mostrano come le invenzioni culturali, per esempio la lettura, sono in grado di riorganizzare reti cerebrali più antiche, originariamente dedicate al riconoscimento degli oggetti e al linguaggio parlato, e suggeriscono che esperienze prolungate con artefatti culturali possono rimodellare le reti cerebrali stesse (Dehaene, Cohen, 2007; Park, Huang, 2010). Viene inoltre confermato come lo sviluppo precoce delle aree linguistiche – in relazione all’orientamento attentivo e alla successiva associazione con il controllo esecutivo – permetta al linguaggio di evolvere a forma del pensiero (Posner et al., 2012).

Il “sistema di funzioni” costruite sull’integrazione di funzioni e in grado di modificare la connessione originaria tra queste funzioni (Vygotskij, 2022), trova conferma, seppur nella dimensione strutturale, dalla review di Colom, Karama, Jung, Haier (2010). I ricercatori mostrano come vi sia un ampio consenso della ricerca neuroscientifica su come il cervello umano contenga una grande varietà di sistemi funzionali. La connettività funzionale è significativamente correlata all’intelligenza mostrando coerenza con l’attribuzione rilevante di una visione a rete dell’intelligenza umana.

Circa la dimensione contestuale, viene mostrato come il linguaggio nel contesto viene compreso e processato in modo diverso rispetto al linguaggio decontestualizzato (Willems, Peelen, 2021), definendo la presenza di differenti reti linguistiche nel cervello, identificate usando stimoli linguistici decontestualizzati oppure coerenti nella comprensione linguistica a livello discorsivo (cioè su unità multi-frase come i racconti). L’integrazione viene confermata quando fenomeni difficili da comprendere fuori dal contesto, come frasi sintatticamente complesse, diventano facili da processare una volta inserite in un contesto narrativo. Questa angolatura della ricerca considera come rivalutazione del pensiero e del segno non abbiano una fonte individuale bensì sociale (Vygotskij, 2022, p. 52). Prendere sul serio il ruolo svolto dal contesto – e la sua dimensione storica e culturale – cambierà il modo in cui concepiamo le basi neurali del linguaggio (Baldassano et al., 2018; Willems et al., 2020).

Il “sistema di funzioni” è stato indagato anche utilizzando altra modalità (l’imaging a tensore di diffusione, DTI). Wang et al. (2021) mostrano che le reti cerebrali a riposo si trovano mediamente in uno stato di equilibrio e ciò consente un bilanciamento tra il tempo trascorso nelle configurazioni “specializzate” e quelle “integrate” e, nello stesso tempo, una grande flessibilità nel passaggio da una configurazione all’altra. Inoltre, la specializzazione, l’integrazione e il loro equilibrio nelle reti cerebrali a riposo predicono le differenze individuali in diversi profili cognitivi e delineano una maggiore integrazione associata a una migliore abilità cognitiva generale e dunque dell’insorgere del fenomeno delle nuove unioni che ven-

gono generate dalla modifica delle relazioni, delle connessioni tra funzioni (Vygotskij, 2022, p. 39). Gli stati integrati permettono prestazioni più rapide e accurate in compiti cognitivi, e confermano un legame diretto tra la performance cognitiva e la riorganizzazione dinamica della struttura a rete del cervello (Shine et al., 2016): lo studio su dati di risonanza magnetica funzionale (fMRI) delle reti cerebrali mostrano che il cervello umano passa attraverso stati funzionali che massimizzano alternativamente la specializzazione in comunità molto coese, oppure l'integrazione tra regioni neurali altrimenti separate.

Tra tutte le evidenze, è la prospettiva di Ardizzi (2025) che ci pare particolarmente efficace e riepilogativa della solidità neuroscientifica di Vygotskij: la nostra specie ha maturato la sua intelligenza nell'interazione tra corpo e ambiente fisico, alimentando le basi sensomotorie che caratterizzano la cognizione umana (p.117). Possiamo riprendere le conseguenti delle premesse strutturali del pensiero di Lev Semënovič.

5.3. Guardare al futuro: visioni innovative, insegnamento/apprendimento, artefatti e generazione di creatività

In Vygotskij teoria e azione non sono mai disgiunte (Mecacci, 2022, p. 20). Nella pedologia veniva racchiusa la “scienza dello sviluppo infantile” ovvero lo studio delle leggi generali, trasversali agli specifici sviluppi di ordine biologico, psicologico, sociale, allo scopo di descrivere la varietà e la complessità dei percorsi evolutivi, diversi da individuo a individuo, a seconda del patrimonio genetico, dell'ambiente sociale e familiare, del tipo di educazione (Leontjev, Lurija, 1973, p. 53). Riprendiamo un tratto strutturale della teoria, già presentata precedentemente: non esiste attività mentale indipendente da una strumentazione data dal contesto storico. Vygotskij, alla base dei processi mentali umani, pone l'uso degli strumenti superando la rilevanza data da altre teorie alle “relazioni sociali”, già comuni per altro ad altre specie animali (Mecacci, 2022, p. 17). In questo contesto si alimenta il discorso teorico-prassico della pedologia, che abbandona l'idea di linearità dello sviluppo psichico del bambino come parallela allo sviluppo biologico, assumendo invece la prospettiva delle fluttuazioni dello sviluppo, caratterizzato da fasi di avanzamento e fasi di stasi, un andamento progressivo e spiraliforme. È la stessa rappresentazione del bambino, però, ad essere coinvolta e a delineare la visione a cui tendere: l'idea di sviluppo come processo dinamico che guarda al futuro delle funzioni psichiche superiori. Ed è in quest'idea che si modificano le concezioni pregresse del rapporto tra apprendimento e sviluppo, si mostra la funzione

della zona di sviluppo prossimo, si considera la necessità di unire insegnamento/apprendimento piuttosto che renderli separati e non in relazione (degli esiti di apprendimento), si assume la scuola come cardine sociale.

Torniamo al 1932, anno della nuova definizione dell'apprendimento e delle fasi di sviluppo secondo gli studi vygotskijani. Contrariamente alle affermazioni di Piaget, per il quale lo sviluppo deve precedere l'apprendimento, Vygotskij propone la prospettiva opposta, ovvero che l'apprendimento precede lo sviluppo. Le conseguenze sono determinanti per interpretare e agire l'insegnamento: da una parte la visione di Piaget, che chiede all'insegnante di adattarsi alle leggi predeterminate e universali delle fasi di sviluppo a certe età (fintantoché non si raggiungono gli stadi definiti, non ci può essere apprendimento, dove memoria, attenzione, pensiero, si sviluppano secondo leggi proprie). Dall'altra la dimostrazione che l'apprendimento precede lo sviluppo, con la quale Vygotskij differenzia i processi di apprendimento e i processi di sviluppo, rendendoli interdipendenti per l'azione dell'insegnamento. A scuola abbiamo a che fare con due processi diversi, quindi: il processo dello sviluppo e il processo dell'apprendimento. Tutto sta nel come essi sono posti in relazione (Vygotskij, 2022, p. 84; 1992; 1984). L'osservazione successiva è che l'insegnamento diventa propriamente tale quando precede lo sviluppo, piuttosto un'attività di insegnamento che utilizza solamente le funzioni già sviluppate – e note – del bambino. L'influenza dell'insegnamento, quando le funzioni corrispondenti non sono ancora pienamente mature, è riconoscibile nella cosiddetta fase esplosiva della scrittura (Vygotskij, 1984; 1992). Lo schema per l'apprendimento e lo sviluppo del linguaggio è strutturato nella sequenza linguaggio sociale-linguaggio egocentrico-linguaggio interiore: il vero movimento del processo di sviluppo del pensiero infantile si realizza non dall'individuo verso il sociale, ma dal sociale verso l'individuo e dunque la logica è funzione di questi rapporti sociali, per cui la natura stessa dello sviluppo cambia, da biologica a socio-storica (Vygotskij, 1992, pp. 60-126). Non si tratta dunque semplicemente di socializzazione, ma della rilevanza del contesto storico-culturale: se l'ambiente sociale non presenta compiti corrispondenti, non pone nuove richieste e non stimola lo sviluppo dell'intelletto fornendo una sequenza di nuovi obiettivi, il pensiero del bambino non raggiunge le fasi più alte, o le raggiunge con ritardo, per cui lo sviluppo intellettuale avviene nel processo di interazione con l'ambiente naturale e sociale, dove è evidente la relazione con la presenza o l'assenza di compiti-stimolo necessari all'interazione. La sintesi ci riconduce all'assunto iniziale del paragrafo: l'apprendimento precede lo sviluppo, poiché – attraverso l'insegnamento-apprendimento intenzionale – certe abitudini e abilità in un determinato ambito sono acquisite prima di imparare a controllarle consapevolmente e deliberatamente.

Vi sono tutte le ragioni, a questo punto, per riconoscere e nominare gli aspetti di individualizzazione e personalizzazione già considerati (Baldacci, 2005; 2006) implicati nell'insegnamento-apprendimento e per sottolineare la rilevanza dell'organizzazione dei contesti di apprendimento coerenti con l'idea che l'apprendimento anticipa lo sviluppo (NASEM, 2025; 2012). Così come vi sono ancora tutte le ragioni per ritenere che il ruolo dell'insegnamento-apprendimento nello sviluppo dovrebbe essere di creare zone di sviluppo prossimo in chi apprende (Vygotskij, 2022, p. 105). La zona di sviluppo prossimo è intesa come il differenziale tra il livello attuale di sviluppo delle funzioni intellettive – raggiunto come risultato di un processo già completato – e il livello di sviluppo potenziale, che viene attivato dalle domande relative ad un problema poste dall'adulto e in grado di offrire una prospettiva “verso” una soluzione del problema (domanda). Le condizioni per l'attivazione della zona di sviluppo prossimo sono quindi le domande attivanti innanzi ad un nuovo problema da affrontare. Le forme delle azioni agite a partire dallo stimolo, portano a possibili differenti soluzioni, sia in termini di complessità individuata sia in termini di utilizzo di pensiero evoluto rispetto all'età anagrafica. Attraverso l'osservazione di questo processo e la conseguente proposta di soluzione dei problemi di difficoltà maggiore rispetto all'età considerata, è possibile determinare il livello di sviluppo potenziale, che sarà differente (potenzialmente) per ognuna e ognuno (Vygotskij, 1992, p. 269). Quindi: se aiutiamo – mostrando qualcosa, facendo una domanda che li rimette sulla strada, dando inizio ad una possibile pista che porta ad una possibile soluzione – allora risulterà possibile risolvere “test” solitamente svolti ad età maggiore. Un ulteriore elemento si rende evidente, come caratteristica fondamentale dell'attivazione e del riconoscimento della zona di sviluppo prossimo, ovvero come sia l'interazione con un adulto, in collaborazione, sotto guida, con aiuto, che il bambino può sempre fare di più, risolvere problemi più difficili, rispetto a quando agisce in modo autonomo (Vygotskij, 1992, pp. 270-271). L'interazione non è sostituzione, non è riduzione della difficoltà, non è giudizio di inferiorità o di superiorità dell'individuo sugli altri: è la misura attraverso la quale si è in grado di riconoscere il passaggio da ciò che il bambino sa fare indipendentemente a ciò che sa fare in collaborazione, è il sintomo più sensibile che caratterizza la dinamica dello sviluppo e della riuscita e coincide internamente con la sua area di sviluppo prossimo. Questa forma di interazione è stata definita da altri scaffolding (Wood, Bruner, Ross, 1976) in forma riduzionista rispetto alle idee originali, soprattutto ponendo le premesse per avviare prassi tecniciste e funzionali piuttosto che favorenti lo sviluppo intellettuale. In altri termini non si è appreso appieno il portato del ruolo svolto dall'adulto per favorire l'incedere della zona di sviluppo

prossimo, così che il bambino che sa fare oggi in collaborazione, saprà fare domani indipendentemente (Vygotskij, 1992, p. 273). Analoga determinazione della prospettiva di Maria Montessori, con il suo aiutami oggi che saprò fare da solo domani (1970) ma anche con la consapevolezza che ogni aiuto inutile è un ostacolo allo sviluppo (Montessori, 1949).

È comprensibile come l'insegnamento-apprendimento siano strettamente correlati all'anticipazione dello sviluppo, e come sia valido solo l'insegnamento-apprendimento che anticipa lo sviluppo. E, conseguentemente, per esempio, ciò richiama alla condizione storico-culturale entro la quale la professionalità dell'insegnamento viene considerata e alimentata: ovvero laddove siano costantemente di riferimento – o meno – le evidenze dell'apprendimento come guida dello sviluppo professionale e la prassi adeguata dell'interazione con gli artefatti e le tecnologie; «laddove l'ambiente non suscita i compiti corrispondenti, non presenta delle esigenze nuove, non incoraggia e non stimola mediante nuove mete lo sviluppo dell'intelletto, allora là questo non accade (lo sviluppo dell'intelletto) a tutte le sue forme superiori, o vi perviene con grande ritardo» (Vygotskij, 1992, p. 146). La scuola, come cardine sociale, può mirare al conformismo e all'immobilismo, alla mortificazione della mente individuale o può essere il luogo per generare persone libere e creative; un percorso didattico che si limita ad offrire a una bambina e un bambino quello che ci si aspetta da loro in base all'età o in base al semplice riscontro del livello delle loro competenze non fa che consolidare quello stesso percorso, non fa che rendere omogenea la loro mente al modello storico-culturale prefissato e predeterminato (Mecacci, 2020, p. 25). L'educazione realizza il suo scopo immediato e definitivo quando mette in azione le potenzialità dell'allievo e ne orienta l'uso in modo coerente. L'interazione dei diversi aspetti dell'educazione – intellettuale e morale, estetica, pratica, motoria – gioca un ruolo importante per assicurare la partecipazione del bambino alle varie attività necessarie allo sviluppo delle sue potenzialità in tutte le direzioni (Kostjuk, 1970, p. 53).

L'idea di sintesi emergente, dalla prospettiva di sviluppo di Lev Semënovič, è la dimensione del futuro, che più efficacemente restituisce valore a quel “prossimo” della zona di sviluppo, forse meno intensa nel descrivere come educazione, didattica, scelte organizzative e contestuali dell'insegnamento-apprendimento possano accogliere ogni periodo sensibile dello sviluppo intellettuale per assecondare quella naturale area di dinamismo e plasticità che caratterizza l'attività psichica (Mecacci, 2020, p. 16) oggi, per altro, nota per tutte le età della vita. E questa dimensione è innervata dal contesto storico-culturale, alimentata dai rapporti sociali e dall'interazione con strumenti e tecnologie del tempo, generativa di quella mente estesa che elabora nuove informazioni attraverso l'azione diretta e

che, direttamente e indirettamente considera gli artefatti come strumenti materiali e simbolici (linguaggio, strumenti tecnologici, segni, ambienti, oggetti didattici) che mediano lo sviluppo delle funzioni psichiche superiori. La “zona di sviluppo del futuro” potenziale in azione, diviene allora una condizione determinante per la formazione dell’agency, intesa in questo discorso, come capacità di sviluppo pieno del pensiero superiore e delle intelligenze poiché capaci di agire con e attraverso qualsiasi artefatto per rendere la realtà storica-culturale un contesto di più compiute opportunità per tutte e tutti. Anche in questo caso le neuroscienze accreditano la prospettiva vygotskijana: per esempio, strumenti e pratiche utilizzati nelle aule – dall’organizzazione fisica dello spazio ai tipi di valutazione adottati – plasmano in modo fondamentale il modo in cui gli studenti pensano e apprendono (Hinton et al., 2010; Hinton, Fischer, 2008; Hinton et al., 2013; Barrett, 2011; Dehaene, Cohen, 2007; Jolles, 2021; Llorens-Gómez et al., 2022; Park, Huang, 2010; Slors, 2020; Tan, Amiel, 2019; Willems et al., 2020).

5.4. Attraverso Vygotskij, la formazione del pensiero trasversale del multialfabeta nella mutazione antropologica

Umberto Margiotta (1997) avviando la riflessione pedagogica della nuova era del pensare in rete, poneva ad oggetto del ragionamento, il profilo del cittadino all’alba del terzo millennio, a partire delle tesi di Marvin Minsky, Papert e del movimento computazionista. Egli definiva il *multialfabeta* come un elaboratore di mappe mentali, colui che è in grado di utilizzare linguaggi diversi per comunicare, nel senso di un comunicare che genera continuamente, dall’interazione con la realtà storico-culturale, nuove mappe mentali, nuove mappe cognitive, a seconda dei contesti d’uso di riferimento e delle procedure di azione in cui il multialfabeta è impegnato; ciò significa produrre strategie appropriate di soluzione dei problemi, e conseguentemente metodi e prospettive di padronanze sia di esplorazione che di dialogo (Margiotta, 1997, p. 17). Ma è la sintesi di Margiotta che è particolarmente efficace all’interno del discorso sin qui prospettato, ovvero di un pensiero nell’era dell’IA: il multialfabeta è colui che inventa setting esperti di interazione, di conoscenza, di relazione (Margiotta, 1997, p. 17).

È molto facile riconoscere l’apporto del pensiero di Vygotskij e considerare che l’apprendimento è soprattutto utilizzo continuo di processi attraverso i quali pervenire a nuove conoscenze o sviluppare padronanze, nei primi momenti in collaborazione, successivamente in modo indipendente;

di conseguenza l'apprendimento che va avanti allo sviluppo trascina lo sviluppo dietro di sé (Vygotskij, 1992, p. 273). È questo il senso degli effetti a cui l'organizzazione intenzionale del contesto di apprendimento può pervenire, attraverso la zona di sviluppo prossimo. Ed è altrettanto interessante considerare la formazione del multialfabeta alla luce degli studi di Yrjö Engeström (1987) sulla e attraverso la *Cultural-Historical Activity Theory* (CHAT) che estende un modello più articolato e ampliato dello schema vygotskijano (soggetto – strumento – oggetto) considerando un sistema di regole, di comunità e divisione del lavoro condivise. Questo modello permette di descrivere i sistemi di attività come reti complesse, dove strumenti materiali e simbolici (gli artefatti) mediano continuamente le relazioni tra individui e collettività. Engeström perviene alla definizione ulteriore di *expansive learning*, come la descrizione dei processi di apprendimento collettivo in cui un gruppo, un'organizzazione o una comunità non si limita ad adattarsi a nuove regole o conoscenze preesistenti, ma ridefinisce il proprio oggetto di attività, creando nuove pratiche e significati condivisi (Engeström, Sannino, 2010). In questa prospettiva, l'*expansive learning* può essere interpretato come una sorta di zona di sviluppo prossimo collettiva: così come per Vygotskij lo sviluppo individuale è reso possibile dall'interazione sociale e dall'uso di strumenti culturali, allo stesso modo le organizzazioni e le comunità, attraverso la collaborazione, riescono a produrre nuove forme di conoscenza e trasformare le proprie pratiche (Sannino, Engeström, Lemos, 2016).

Per Margiotta, pensare a un multialfabeta equivale a immaginarlo come colui che impara a incardinare esperienze di ricerca, progettazione e produzione su modelli culturali esperti e multipolari, ed è soggetto in grado di creare raccordo tra le varie culture e le varie discipline, in modo da facilitarsi una riproduzione allargata dei limiti, degli sviluppi, delle sinergie tra le culture e i linguaggi; ed è chi ha sviluppato una forma mentis capace di riconoscere le interdipendenze esistenti tra il proprio sviluppo mentale e l'evoluzione della vita e dell'ambiente che lo circonda, e fondare su di esse la maturazione e l'efficacia della sua comunicazione sia tecnologica che sociale (Margiotta, 1997, p. 305).

Si rende necessario, oggi, un pensiero che renda possibile la comunicabilità tra i linguaggi naturali, artificiali e ambienti. Ed è questo il pensiero trasversale che caratterizza il multialfabeta, di procedure a rete per lo sviluppo delle interconnessioni, delle retroazioni tra linguaggi (naturali, artificiali) e ambienti, di tipo computazionale (Margiotta, 1997 p. 18). Un pensiero trasversale dalle proprietà funzionali di reticolo dinamico di eventi interconnessi ove nessuna proprietà di ogni sua parte è fondamentale, ma ognuna deriva dalle proprietà delle altre parti. In questo reticolo dina-

mico – in costante interazione con gli ambienti e la realtà storico-culturale – l’opposizione tra teorie e prassi non ha più senso: le prassi sono teorie. Una teoria è sempre un semplice di concettualizzazioni, strategie, azioni (Margiotta, 1997, p. 20). E tutto ciò, necessariamente, non è più un fatto di come aumentare le conoscenze e le esperienze, ma di considerare il processo di pensare in rete, del pensare trasversale, come una chiave di tante chiavi molto diverse, capace di aprire la stessa porta; pensare in rete è decidere quale strategia adottare per incarnare il sapere, attraverso percorsi non-lineari del sapere. Il che, per la formazione del multialfabeta, pertiene al design, alla definizione dei processi dei saperi, ai vocabolari necessari a comprendere la realtà, alla possibilità di agire (conoscenze e sistemi di intelligenze).

6. L'estate dell'IA: verso una didattica come zona di sviluppo futuro e delle intelligenze estese? Attraverso Vygotskij...

Gli algoritmi stanno ridisegnando il mondo e, all’interno della nuova cornice algoretica in evoluzione (Floridi, 2022; Benanti, 2025; EU AI Act, 2024) il dibattito, crescente, si focalizza sul loro uso buono e cattivo. Alcune buone pratiche considerano l’uso e il design dell’IA per il bene sociale (AI4SG) (Floridi, 2022). Si tratta di alimentare un pensiero, un agire di senso dell’IA come bene pubblico, come bene comune, una visione di nuovi scenari, intravedendone potenzialità per lo sviluppo umano, sociale e dell’infosfera. Una prospettiva costruttivista, in grado di considerare l’IA esito delle intelligenze umane modellanti un mondo migliore. In realtà, potrebbe essere retorica innanzi alle evidenti ambivalenze ed ambiguità che accompagnano l’inventare e l’agire delle maggiori applicazioni attuali dell’IA. Occorre uno sforzo di fiducia, che continui ad accompagnare l’agire educativo e l’organizzazione scolastica – e non solo – verso educazione di vitalità e di creatività nel tempo dei cambiamenti (al pari dei già trascorsi) in grado di direzionare lo stesso agire dell’IA. In questa prospettiva può essere una traccia interessante assumere preliminarmente la definizione di AI4SG come «il design, lo sviluppo e l’implementazione di sistemi di IA in modo da (i) prevenire, mitigare o risolvere i problemi che incidono negativamente sulla vita umana e/o sul benessere del mondo naturale e/o (ii) consentire sviluppi preferibili dal punto di vista sociale e/o sostenibili dal punto di vista ambientale» (Floridi, 2022, p. 227).

Se venisse accolta questa visione dell’IA e delle possibili direzioni costruttiviste, l’ipotesi e il percorso educativo necessario potrebbe esse-

re quello generativo di intelligenze e di un pensiero multialfabeta agente (Margiotta, 1997), in grado sia di permettere la comprensione dell'insieme delle infrastrutture, anche cognitive, che sostengono i flussi generati dalle masse di dati digitali (Floridi, 2022), sia della formazione del nuovo agire algoritmico con le conseguenti socio-eco-culturali. Intelligenze e pensiero multialfabeta agente che permettano di abitare la nuova condizione tecno-umana (Benanti, 2022), rappresentazione di quella dimensione storico-culturale nella quale prendono forma le esperienze degli esseri umani e della società, nella quale il digitale è oramai parte ibridata, a sua volta dall'IA; in essa i rapporti sociali sono mediati non solo dalle tecnologie, ma dai nuovi linguaggi generati dagli algoritmi (LLM).

Se da una parte è facilmente riconoscibile l'attuale vitalità del pensiero di Vygotskij – ed è probabile che esso possa essere assunto a teoria di riferimento nel momento storico-culturale che richiede l'apprendimento di un nuovo linguaggio e nuovi rapporti sociali – dall'altra occorre chiedersi quale sia la direzione più efficace per trasporne i fondamenti, nella didattica e nei contesti per l'insegnamento-apprendimento nella quale essa si compie. Ovvero, se estendiamo la definizione di AI4SG: «(iii) nonché a comprendere nuove forme per l'apprendimento e lo sviluppo in tutte e in tutti delle intelligenze umane in una democrazia della conoscenza», possiamo immaginare come l'IA possa divenire sistema generativo che guida all'innovazione curriculare e all'invenzione di forme didattiche davvero interdipendenti con ogni differenza. Di fatto, in questa prospettiva, l'AI4SG dovrebbe essere valutata adottando metriche basate sul benessere umano, ambientale e socio-culturale, opposte a quelle finanziarie (Floridi, 2022, p. 223).

In sintesi, possiamo delineare come l'AI4SG, nel suo divenire un sistema generativo, possa essere contesto nel quale osservare l'azione della teoria socio-culturale, con obiettivo di accrescere in modo esteso le intelligenze umane attraverso l'organizzazione di curricoli e forme didattiche coerenti con i principi della zona sviluppo prossimo, pervenendo a livelli di pensiero superiore interdipendenti con la realtà storico-culturale, che generano un insieme di informazioni per realizzare un modello generale dinamico con l'IA, che ispira gli attori coinvolti, e che comprende le caratteristiche indispensabili per attuare il sistema generativo.

Così interpretata, l'AI4SG potrebbe costituire il sistema nel quale la teoria per lo sviluppo del pensiero superiore si può esprimere attraverso (i) l'organizzazione di contesti per l'apprendimento basati sulla zona di futuro, (ii) attraversata dall'individuazione dei problemi come matrice espansiva delle (co)intelligenze, (iii) introdotti e sostenuti ricorsivamente da domande generative, (iv) che richiedono l'azione e la realizzazione (co-costruzione

e artefatti), (v) in costante interdipendenza (cooperazione) tra attori e strumenti, dove (vi) viene disegnata una didattica, in cui l'umano e l'artificiale possano generare, insieme, le forme di pensiero (computazionale, critico, riflessivo, creativo) di visione strategica e decisione consapevole. Aggiungiamo con una maggiore enfasi, ed estensione, la cosiddetta (vii) interdisciplinarietà (interpretata come co-disciplinarietà) nella prospettiva di Vygotskij: ogni disciplina ha una sua relazione particolare e concreta con il corso dello sviluppo del bambino e questa relazione si modifica nel passaggio di ad un livello ad un altro (l'apprendimento anticipa lo sviluppo). Occorre considerare il problema della disciplina formale dal punto di vista dello sviluppo mentale generale, occorre determinare la struttura interna delle discipline scolastiche dal punto di vista dello sviluppo e i cambiamenti di questa struttura con i metodi di insegnamento/apprendimento (Vygotskij, 2022, p. 134). Tutta un'altra storia, dalle materie considerate come contenuti o enciclopedie statiche.

Dunque gli algoritmi che muovono il mondo nuovo dell'IA (Rivoltella, Pancioli, 2022) dovrebbero essere appresi nelle loro funzioni di motore della generazione di informazioni (LLM e chatbot compresi, predittivi e probabilistici, piuttosto che certi e finiti); l'IA deve essere utilizzata per considerare e trattare le persone sempre con-senso e come fine; il potere di calcolo predittivo degli algoritmi deve essere posto al servizio della collettività, della libertà, della democrazia, dell'autonomia, piuttosto che all'asservimento e al controllo ideologico (con la deriva del genocidio come avvenuto in Palestina) a danno della maggior parte dell'umanità (Floridi, 2022, p. 277).

Aggiornare e attualizzare i curricula (o le Indicazioni Nazionali per il curriculum) dovrebbe avere, tra i fini, l'apertura verso nuove visioni a favore di una co-intelligenza e di pensiero strategico: apprendere ad agire discernimento, apprendere cosa sia la conoscenza strategica, apprendere a costruire – lentamente, collettivamente – il nuovo linguaggio con cui nomineremo il futuro che vogliamo abitare; apprendere(ri) il valore e il significato delle parole; apprendere il valore necessario dell'estetica, non come ornamentazione, ma come motore di conoscenza per un nuovo design; apprendere la complessità dell'esperienza di ogni persona, di ogni organizzazione, di ogni territorio, per poter esprimere il vero valore di ciò che, collettivamente, permetterà di pensare, di immaginare, di costruire per il ben-essere e ben-vivere individuale e collettivo (Tardini, 2025).

In questa traiettoria possiamo incontrare l'uso intenzionale dei chatbots di LLM generativi che possono rappresentare, nella didattica di AI4SG, funzioni plurime rispetto agli elementi della teoria: il porre domande è una capacità che va appresa per espandere livelli di conoscenza, l'esten-

sione della conoscenza è data a patire dalla posizione di nuovi problemi posti dalla nuova realtà storico-culturale, piuttosto che solo dalla ricerca di soluzioni nuove a vecchi problemi; l'algoritmo può essere organizzatore semantico e conoscitivo fornendo un primo aiuto (scaffolding) dal quale autonomamente ricercare ulteriorità; il chatbot è artefatto per lo sviluppo cognitivo utile alla creazione di altri artefatti creati/inventati per il contesto di AI4SG; la zona di sviluppo futuro è riconoscibile – e valutabile attraverso l'applicazione dei modelli di valutazione formativa – all'interno dell'interazione con i LLM; l'apprendimento è inteso come sviluppo delle potenzialità individuali a seguito dell'internalizzazione derivante dalla fase di interazione sociale con il LLM.

Come abbiamo visto, l'IA nel contesto di AI4SG, è generativa del multalfabeta (Margiotto, 1977) di quel mapping processor co-intelligente. Ed è con questo fine, che attribuiamo senso ai curricoli e alle loro didattiche che considerano l'AI4SG, nei capitoli successivi.

Bibliografia

- Amabile, T. M. (1996), *Creativity In Context: Update To The Social Psychology Of Creativity*, Routledge, New York.
- Anggraeni, D. M., Prahani, B. K., Suprpto, N., Shofiyah, N., Jatmiko, B. (2023), “Systematic review of problem based learning research in fostering critical thinking skills”, *Thinking Skills and Creativity*, 49, pp. 1-11.
- Ardizzi, M. (2025), *L'algoritmo bipede. L'avvincente storia di come mente, corpo e tecnologia evolvono insieme*, Egea, Milano.
- Baldacci, M. (2005), *Personalizzazione o individualizzazione?*, Erickson, Trento.
- Baldacci, M. (2006), *Ripensare il curricolo*, Laterza, Bari.
- Baldassano, C., Hasson, Uri, Norman, K. A. (2018), “Representation of Real-World Event Schemas during Narrative Perception”, *Journal of Neuroscience*, 38(45), pp. 9689-9699.
- Barrett, L. F. (2011), “Constructing emotion”, *Psychological Topics*, 20(3), pp. 359-380.
- Benanti, P. (2022), *Human in the loop. Decisioni umane e intelligenze artificiali*, Mondadori Università, Milano.
- Benanti, P. (2024), *La condizione tecno-umana*, EDB, Bologna.
- Benanti, P. (2025), *L'uomo è algoritmo? Il senso dell'umano e l'intelligenza artificiale*, Castelveccchi, Roma.
- Benedek, M., Franz, F., Heene, M., Neubauer, A. C. (2012), “Differential effects of cognitive inhibition and intelligence on creativity”, *Personality and Individual Differences*, 53(4), pp. 480-485.
- Berger, A., Tzur, G., Posner, M. I. (2006), “Infant brains detect arithmetic errors”, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 103(33), pp. 12649-12653.

- Bermeo, E., Urquina, L. (2021), "Creative thinking: a study from the plastic arts", *Revista UNIMAR*, 39(2), pp. 171-174.
- Bertin, G. M. (1976), *Educazione e alienazione*, La Nuova Italia, Firenze.
- Boden, M. A. (2016), *AI: Its nature and future*, Oxford University Press, Oxford.
- Brennan, K., Resnick, M. (2012), *New frameworks for studying and assessing computational thinking*, AERA Annual Meeting Proceedings, Vancouver, Canada, link: <https://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf>.
- Cambi, F., Staccioli, G. (2007), *Il gioco in occidente*, Armando, Roma.
- Caroli, D., Mecacci, L. (2020), "Forbidden Science: The Dismantling of Pedology and the Listing of the Works of Pedologists in the Soviet Union in 1936-1938", *European Yearbook of the History of Psychology*, 6, pp. 11-61.
- Cheng, L., Wang, X., Ritzhaupt, A. D. (2022), "The Effects of Computational Thinking Integration in STEM on Students' Learning Performance in K-12 Education: A Meta-analysis", *Journal of Educational Computing Research*, 61(2), pp. 416-443.
- Chen, A., Dong, L., Liu, W., Li, X., Sao, T., Zhang, J. (2015), "Study on the Mechanism of Improving Creative Thinking Capability Based on Extenics", *Procedia Computer Science*, 55, pp. 119-125.
- Colom, R., Karama, S., Jung, R. E., Haier, R. J. (2010), "Human intelligence and brain networks", *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 12(4), pp. 489-501.
- Corbetta, M., Shulman, G. L. (2002), "Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain", *Nature Reviews Neuroscience*, 3(3), pp. 201-215.
- Cornoldi, C. (1995), *Metacognizione e apprendimento*, Bologna, Il Mulino.
- Csikszentmihalyi, M. (1999), *Implications of a systems perspective for the study of creativity*, in Sternberg, R. J. (Ed.), *Handbook of Creativity*, Cambridge University Press, pp. 313-335.
- De Cássia, T., De Souza, D., Da Silva, L. (2021), "Development of creative thinking in the educational field", *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 17(1), pp. 164-187.
- Dehaene, S., Cohen, L. (2007), "Cultural recycling of cortical maps", *Neuron*, 56(2), pp. 384-398.
- Dennett, D. C. (1987), *The intentional stance*, MIT Press, Cambridge.
- Dewey, J. (1910), *How we think*, D. C. Heath, Boston.
- Dewey, J. (1916), *Democracy and education*, MacMillan, New York; trad. it. *Democrazia e Educazione* (1992), La Nuova Italia, Firenze.
- Dewey, J. (1927), *The School and Society*, The University of Chicago Press, Chicago; trad. it. *Scuola e Società* (1949), La Nuova Italia, Firenze.
- Dewey, J. (1934), *Art as experience*, Minton, Balch & Company, New York; trad. it. *Arte come esperienza* (2020), Aesthetica, Milano.
- Dewey, J. (1949), *Esperienza ed educazione*, La Nuova Italia, Firenze.
- Dwyer, C. P., Hogan, M. J., Stewart, I. (2014), "An integrated critical thinking framework for the 21st century", *Thinking Skills and Creativity*, 12, pp. 43-52.
- Dietrich, A., Kanso, R. (2010), "A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight", *Psychological Bulletin*, 136(5), pp. 822-848.
- Engeström, Y. (1987), *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*, Orienta-Konsultit, Helsinki.

- Engeström, Y., Sannino, A. (2010), "Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges", *Educational Research Review*, 5(1), pp. 1-24.
- European Union (2024), Regulation (EU) 2024/1689 (Artificial Intelligence Act), link: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng>.
- Facione, P. A. (1990), *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*, The California Academic Press, Millbrae, CA.
- Fair D. A., Cohen A. L., Power J. D., Dosenbach N. U. F., Church J. A. (2009), "Functional Brain Networks Develop from a 'Local to Distributed' Organization", *PLOS Computational Biology*, 5(5).
- Feenberg, A. (1999), *Questioning technology*, Routledge, London.
- Fitriani, F., Triandafillidis, T., Le, T. (2023) "Exploring the Integration of Computational Thinking and Mathematical Modelling in STEM Education", *Indonesian Journal of Mathematical Education*, 1, pp. 73-82.
- Floridi, L. (2009), *Infosfera - Filosofia e Etica dell'informazione*, Giappichelli, Torino.
- Floridi, L. (2022), *Etica dell'intelligenza artificiale*, Raffaello Cortina, Milano.
- Freire, P. (1980), *Pedagogía del Oprimido*, Siglo XXI,
- Gao, W., Zhu, H., Giovanello, K. S., Smith, J. K., Shen, D., Gilmore, J. H., Lin, W. (2009), "Evidence on the emergence of the brain's default network from 2-week-old to 2-year-old healthy pediatric subjects", *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 106(16) pp. 6790-6795.
- Ghassemzadeh, H., Posner, M. I., Rothbart, M. K. (2013), "Contributions of Hebb and Vygotsky to an integrated science of mind", *Journal of the History of the Neurosciences*, 22(3), pp. 292-306.
- Guilford, J. P. (1956), "The structure of intellect", *Psychological Bulletin*, 53(4), pp. 267-293.
- Grover, S., Pea, R. (2013), "Computational thinking in K-12: A review of the state of the field", *Educational Researcher*, 42(1), pp. 38-43.
- Hinton, C., Fischer, K. W. (2010), *Learning from the developmental and biological perspective*, in Dumont, H., Instance, D., Benavides, F. (2010), *The nature of learning: Using research to inspire practice*, OECD, Paris, pp. 113-130.
- Hinton, C., Fischer, K. W. (2008), "Research schools: Grounding research in educational practice", *Mind, Brain, and Education*, 2(4), pp. 157-160.
- Hinton, C., Glennon, C., Callahan, T., Fischer, K. W. (2013), "School-Based Research", *Mind, Brain & Education*, 7(1).
- Holmes, N. G., Wieman, C. E., Bonn, D. A. (2015), "Teaching critical thinking", *PNAS*, 112(36), pp. 11199-11204.
- Hsu, T.-C., Abelson, H., Lao, N., Chen, S.-C. (2021). "Is it possible for young students to learn the AI-STEAM application with experiential learning?", *Sustainability*, 13(19), p. 11114.
- Hsu, T. C., Chang, S. C., Hung, Y. T. (2018), "How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature", *Computers & Education*, 126, pp. 296-310.
- Huang, X., Qiao, C. (2024), "Enhancing computational thinking skills through artificial intelligence education at a STEAM high school", *Science & Education*, 33, pp. 383-403.

- Jolles, J., Jolles, D. (2021), "On Neuroeducation: Why and How to Improve Neuroscientific Literacy in Educational Professionals", *Frontiers in Psychology*, vol. 12, p. 752151.
- Kafai, Y. B., Burke, Q. (2014), *Connected Code: Why Children Need to Learn Programming*, The MIT Press, Boston.
- Kenett, Y. N. (2024), "The Role of Knowledge in Creative Thinking", *Creativity Research Journal*, 37(2), pp. 242-249.
- Kerimbayev, N., Nuryim, N., Akramova, A. (2023), "Educational Robotics: Development of computational thinking in collaborative online learning", *Educ Inf Technol*, 28, pp. 14987-15009.
- Kostjuk, G. S. (1970), *Alcuni aspetti della relazione reciproca tra educazione e sviluppo della personalità*, in Vygotskij, L. S., Lurija, A. R., Leontjev, A. N. (a cura di), *Psicologia e pedagogia*, Editori Riuniti, Roma.
- Lansing-Stoeffler, K., Daley, N. (2023), "Navigating the Spectrum of Conventionality: Toward a New Model of Creative Thinking", *Journal of Intelligence*, 11(2), p. 21.
- Leontjev, A. N., Lurija, A. R. (1973), *Le concezioni psicologiche di L.S. Vygotskij*, in Vygotskij, L. S., *Lo sviluppo psichico del bambino*, Editori Riuniti, Roma.
- Lipman, M. (1988a), *Philosophy goes to school*, Temple University Press, Philadelphia.
- Lipman, M. (1988b), "Critical thinking – What can it be?", *Educational Leadership*, 46(1), pp. 38-43.
- Lipman, M. (2003), *Thinking in education*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Liu, S. (2016), "Broaden the mind before ideation: the effect of conceptual attention scope on creativity", *Thinking Skills and Creativity*, 22, pp. 190-200.
- Llorens-Gámez, M., Higuera-Trujillo, J. I., Sentieri Omarrementeria, Llinares, C. (2022), "The Impact of the Design of Learning Spaces on Attention and Memory from a Neuroarchitectural Approach: A Systematic Review", *Frontiers of Architectural Research*, 11(3), pp. 542-560.
- Margiotta, U. (1997), *Pensare in rete. La formazione del multialfabeta*, CLUEB, Bologna.
- Mecacci, L. (1992), *Introduzione*, in Vygotskij, L. S., *Pensiero e linguaggio* (a cura di Luciano Mecacci), Laterza, Bari.
- Mecacci, L. (2017), *Lev Vygotskij: Sviluppo, educazione e patologia della mente*, Giunti/Bompiani, Milano.
- Mecacci, L. (2022), *Prefazione*, in Vygotskij, L. S., *La mente umana*, Feltrinelli, Milano.
- Mezirow, J. (2003), *Apprendimento e trasformazione. Il significato dell'esperienza e il valore della riflessione nell'apprendimento degli adulti*, Raffaello Cortina, Milano.
- Minsky, M. (1961), "Steps toward artificial intelligence", *Proceedings of the IRE*, 49(1), pp. 8-30.
- Minsky, M. (1971), "Artificial intelligence", *Scientific American*, 224(3), pp. 80-91.
- Minsky, M. (1986), *The society of mind*, Simon & Schuster, New York.
- Montessori, M. (1949), *The absorbent mind*, Heinemann, London.

- Moseley, D., Baumfield, V., Elliot, J., Gregson, M., Higgins, S., Miller, J. (2005), *Frameworks for thinking: A handbook for teaching and learning*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Mumford, M. D., Mobley, M. I., Reiter-Palmon, R., Uhlman, C. E., Doares, L. M. (1991), "Process analytic models of creative capacities", *Creativity Research Journal*, 4, pp. 91-122.
- Mumford, M. D., McIntosh, T. (2017), "Creative Thinking Processes: The Past and the Future", *The Journal of Creative Behavior*, 51, pp. 317-322.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2012), *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, The National Academies Press, Washington, DC.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2025), *The Future of Youth Development: Building Systems and Strengthening Programs*, The National Academies Press, Washington, DC.
- Papert, S. (1980), *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*, Basic Books, New York.
- Papert, S. (1991), *Situating Constructionism*, in Harel, I., Papert, S. (Eds.), *Constructionism: Research reports and essays*, Ablex, Norwood, NJ, pp. 1-11.
- Papert, S. (1993), *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*, Basic Books, New York.
- Park, D. C., Huang, C. M. (2010), "Culture Wires the Brain: A Cognitive Neuroscience Perspective", *Perspectives on Psychological Science*, 5(4), pp. 391-400.
- Paul, R. (1992), "Critical Thinking: What, Why, and How", *New Directions for Community Colleges*, 77, pp. 3-24.
- Piaget, J. (1970), *Psicologia e pedagogia*, Loescher, Torino.
- Posner, M. I., Rothbart, M. K. (2007), *Educating the human brain*, American Psychological Association, Washington D.C.
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., Sheese, B. E., Voelker, P. (2012), "Control networks and neuromodulators of early development", *Developmental psychology*, 48(3), p. 827.
- Ranieri, M. (2021), *Making to Learn. The Pedagogical Implications of Making in a Digital Binary World*, in 2nd FabLearn Italy Conference, Ancona, April 20-22, 2019, Springer, pp. 81-85.
- Ranieri, M. (2024), "Intelligenza Artificiale a scuola. Una lettura pedagogico-didattica delle sfide e delle opportunità", *Rivista di Scienze dell'Educazione*, vol. LXII, pp. 123-135.
- Ranieri, M., Biagini, G. (2025), *From remembering to creating. A roadmap for teaching with AI*, PensaMultimedia, Lecce.
- Ranieri, M., Giampaolo, M., Bruni, I. (2019), "Exploring educators' professional learning ecologies in a blended learning environment", *British Journal of Educational Technology*, vol. 50, pp. 1673-1686.
- Revenko, I., Hlianenko, K., Sosnova, M., Vlasenko, R., Kolodina, L. (2024), "The Exploration of Pedagogical Approaches and Methods that are Designed to Stimulate the Creative Thinking of Students", *Cadernos De Educação Tecnologia E Sociedade*, 17(1), pp. 137-146.

- Rhodes, M. (1961), "An analysis of creativity", *Phi Delta Kappan*, 42(7), pp. 305-310.
- Rivoltella, P. C., Panciroli, C. (2022), *Pedagogia algoritmica*, Scholè, Brescia.
- Sannino, A., Engeström, Y., Lemos, M. (2016), "Formative interventions for expansive learning", *Journal of the Learning Sciences*, 25(4), pp. 599-633.
- Shine, J. M., Bissett, P. G., Bell, P.T., Koyejo, O., Balsters, J. H., Gorgolewski, K. J., Moodie, C. A., Poldrack, R. A. (2016), "The Dynamics of Functional Brain Networks: Integrated Network States during Cognitive Task Performance", *Neuron*, 92(2), pp. 544-554.
- Slors, M. (2020), "From notebooks to institutions: the case for symbiotic cognition", *Frontiers in psychology*, 11, p. 674.
- Sternberg, R. J. (1986a), *Critical thinking: Its nature, measurement, and improvement*, National Institute of Education, link: <http://eric.ed.gov/PDFS/ED272882.pdf>.
- Sternberg, R. J. (1986b), "Toward a unified theory of human reasoning", *Intelligence*, 10, pp. 281-314.
- Tan, Y. S. M., Amiel, J. J. (2019), "Teachers learning to apply neuroscience to classroom instruction: case of professional development in British Columbia", *Professional Development in Education*, 48(1), pp. 70-87.
- Tardini, G. (2025), *Il futuro della conoscenza ha bisogno di nuovi strumenti*, link: <https://symbolic.com/blog/il-futuro-della-conoscenza-ha-bisogno-di-nuovi-strumenti>.
- Turkle, S. (2011), *Alone together: Why we expect more from technology and less from each other*, Basic Books, New York.
- Turkle, S. (2015), *Reclaiming conversation: The power of talk in a digital age*, Penguin Press, New York.
- Villegas, E. (2021), "Teaching strategies to promote creative thinking in classrooms", *Revista Innova Educación*, 4(1), pp. 109-119.
- Vygotskij, L. S. (1972), *Immaginazione e creatività nell'età infantile*, Editori Riuniti, Roma.
- Vygotskij, L. S. (1978), *Mind in society: The development of higher psychological processes*, Harvard University Press, Cambridge.
- Vygotskij, L. S. (1984), *Lo sviluppo psichico del bambino*, Editori Riuniti, Roma.
- Vygotskij, L. S. (1992), *Pensiero e linguaggio* (ed. it. a cura di L. Mecacci), Laterza, Roma-Bari.
- Vygotskij, L. S. (2022), *La mente umana. Cinque saggi*, Feltrinelli, Milano.
- Wang, R., Liu, M., Cheng, X., Wu, Y., Hildebrandt, A., Zhou, C. (2021), "Segregation, integration, and balance of large-scale resting brain networks configure different cognitive abilities", *Proc Natl Acad Sci U S A*, Jun 8, 118(23).
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M. S., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., Wilensky, U. (2016), "Defining computational thinking for mathematics and science classrooms", *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), pp. 127-147.
- Willems, R. M., Peelen, M. V. (2021), "How the brain processes stories", *Trends in Cognitive Sciences*, 25(9), pp. 680-681.

- Willems, R. M., Nastase, S. A., Milivojevic, B. (2020), "Narratives for Neuroscience", *Trends in Neuroscience*, 43(5), pp. 271-273.
- Willingham, D. T. (2007), "Critical thinking: Why is it so hard to teach?", *American Educator*, pp. 8-19.
- Wing, J. M. (2006), "Computational thinking", *Communications of the ACM*, 49(3), pp. 33-35.
- Wood, D., Bruner, J. S., Ross, G. (1976), "The role of tutoring in problem solving", *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), pp. 89-100.
- Xu, Z., Ritzhaupt, A. D., Tian, F., Umapathy, K. (2019), "Block-based versus text-based programming environments on novice student learning outcomes: A meta-analysis study", *Computer Science Education*, 29(2-3), pp. 177-204.
- Winner, L. (1986), *The whale and the reactor: A search for limits in an age of high technology*, University of Chicago Press, Chicago.

3. Apprendere con l'IA. Una strada per la didattica che viene da lontano: la tradizione dei LAB, l'innovazione degli strumenti

di Piergiuseppe Ellerani

Prologo

Il MIT, nei primi anni '70, è l'incubatore della didattica innovativa di Seymour Papert. Il principale obiettivo delle sue ricerche è trovare un modo per rendere possibile l'apprendimento della matematica per tutte le bambine e i bambini, sviluppando nel contempo la capacità di risolvere problemi con un pensiero creativo e computazionale. Papert avvia la strada della tecnologia pensata sulla teoria dell'apprendimento costruzionista per far apprendere il pensiero matematico e applicarlo in contesti differenti. L'applicazione progettata, in quel caso, era lo spostamento di una tartaruga sul pavimento. Un prototipo dei robot moderni, fatto muovere dalla programmazione dei bambini attraverso il Logo poi sviluppato fino a Scratch che oggi conosciamo. Le caratteristiche emergenti del linguaggio Logo – modularità, estensibilità, interattività e flessibilità – sostengono in modo efficace l'apprendimento dei bambini che, con quella tartaruga dovevano sempre farci qualcosa: capire come farla muovere nel mondo, che loro stessi dovevano immaginare e costruire. E Logo li aiutava attraverso feedback costanti, per farli pensare mentre facevano accadere qualcosa. Oggi Mitchel Resnick, allievo di Papert, inventa anche il modo di utilizzare i *lego components* e permette a bambine e bambini di animare oggetti attraverso il coding.

Dieci anni prima dell'incubazione del Logo di Papert, il MIT genera il PSSC (Physical Science Study Committee) (1960), sotto la guida di Zacharias e Friedman. Fu l'avvio di un modello didattico integrato per insegnare la fisica attraverso il metodo dell'indagine. Un ecosistema coerente di materiali permetteva agli studenti di costruire i concetti fisici attraverso esperimenti significativi, discussione e modellizzazione. La fisica veniva presentata non come un corpo di fatti isolati, ma come un processo continuo

con cui si cerca di comprendere il mondo e la realtà; la logica interna si basava sul collegare strettamente le attività sperimentali, le letture di studio e le rappresentazioni (MIT, 2024; Haber-Schaim, 2006). Nel metodo PSSC l'inquiry è al centro: lo studente formula ipotesi, misura, controlla variabili, interpreta dati e li rilegge alla luce di modelli essenziali. Il laboratorio diviene contesto nel quale si affrontano compiti aperti e progressivi. In sintesi, la metodologia PSSC è dunque basata sulle domande (inquiry) strutturate e l'attività laboratoriale (laboratory-centered), orientata alla sperimentazione e apprendimento di concetti fondamentali, attivati dagli esperimenti realizzati direttamente dagli studenti e dai media progettati per far vedere e discutere i modelli fisici. Una coerenza progettuale che ha segnato l'avvio – e la storia – dell'educazione della fisica basata sulle sperimentazioni.

All'inizio del terzo millennio, Neil Gershenfeld, sempre al MIT, avvia e conduce il corso *How to Make (almost) Anything* (2012): per insegnare a usare un avanzato laboratorio di prototipazione, crea un insegnamento pratico su progettazione digitale, macchine numeriche, elettronica embedded. A seguito del successo del corso nasce l'idea di replicare (in versione accessibile per tutti) quel set di strumenti “sul territorio”, fuori dal campus universitario. Gershenfeld (2005) concepisce un'idea semplice e radicale: creare laboratori locali con una dotazione standard di attrezzature per la fabbricazione digitale (taglio laser, stampa 3D, elettronica, sensori) che permettessero a chiunque di “inventare” progettando e realizzando oggetti funzionanti, non come hobbistica, ma come piattaforma educativa e di innovazione collegata in rete con tutti gli altri laboratori del mondo. I primi Fab Lab di comunità vengono avviati nel South End Technology Center, a Boston, e al Vigyan Ashram in India (2002), poi rapidamente in Ghana (2004)¹; è la prova che il modello è replicabile e utile per affrontare problemi reali (dalla connettività locale a dispositivi agricoli), non solo per didattica. A distinguere i Fab Lab del MIT è il fatto che non sono luoghi isolati ma nodi di una rete: chi entra in un lab accede a competenze distribuite sull'intera rete con la quale condividere progetti, pratiche e documentazione. In questo ecosistema sono nati due “pilastri educativi”: il Fab Academy, un programma annuale (distribuito) che riprende i principi e le applicazioni dell'iniziale corso (*How to Make Anything*) per formare competenze in fabbricazione digitale, e la Fab Foundation, l'organizzazione che supporta la crescita della rete, l'apertura di nuovi lab e i progetti con comunità e scuole.

1. <https://ng.cba.mit.edu/neil/bio/>.

Da cosa sono tenute insieme le tre esperienze presentate? Quale filo possiamo individuare che lega gli stati di innovazione del MIT?

Possiamo rispondere con l'idea di laboratorio e di apprendimento attraverso la mediazione culturale e tecnologica. Un filo conduttore che, con Bruner (*The Process of Education*) esplicita i processi di apprendimento come strumenti per lo sviluppo esteso delle intelligenze e che si evolve con i "micromondi" di Papert, non più semplici ambienti nei quali esercitare alcuni saperi, ma luoghi epistemici nei quali le idee possono nascere, crescere e divenire "incorporate" (apprese in modo profondo) da studentesse e studenti. Il Turtle World è un incubatore di pensiero, che propone di progettare micromondi come luoghi della crescita di idee e di saperi "trasversali" interagendo con gli strumenti (Papert, 1980, pp. 124-125). Osservato nel suo insieme di pensare, fare, interagire, ipotizzare, immaginare, il micromondo è un laboratorio; così come lo è l'ecosistema di supporti e metodi per l'apprendimento della fisica di Zacharias e Fridman; il FabLab lo iscrive nel nome. Sono ambienti con regole e confini trasparenti (quelli delle discipline), che consentono di esplorare teorie e conoscenze, porre domande pertinenti, rimuovere variabili estranee, mettere alla prova le ipotesi. L'intelligibilità interna dei mondi di calcolo offre a bambine e bambini la possibilità di affrontare progetti più complessi (Papert, 1980, p. 117), quindi di fare esperienze sia della complessità sia, per contrasto, della semplicità concettuale che la scienza ricerca. Laboratori nei quali fare esperienza della complessità e, nel contempo, trovare idee, concetti, parole, linguaggi, per ridurla e comprenderla, dove i ricercatori sono bambini e bambine. Ma la funzione laboratoriale dei micromondi come laboratori non si esaurisce nell'interattività; studenti e studentesse dispongono di un "mondo simulato" in cui fare esperienza diretta: invece di attendere lo stadio "giusto" per acquisire le nozioni, l'ambiente può motivarne e facilitarne l'acquisizione. Inoltre, il micromondo legittima le teorie come transitorie e in divenire: ovvero, i percorsi naturali possono includere "teorie false", che insegnano quanto le vere, con le quali si apprende ad apprendere dagli errori. In un laboratorio-micromondo, si crea un contesto in cui ipotesi provvisorie possono essere formulate, messe alla prova, ristrutturate, come accade nella scienza viva (Papert, 1980, pp. 123-124). Parafrasando: il laboratorio diventa così progettazione di mondi; la modellizzazione di mondi è la grammatica del laboratorio.

Il gomito di senso che si forma con il filo che lega le esperienze bostoniane nella stagione estiva dell'IA, colora il laboratorio della tesi forte sulla genesi del conoscere: (i) è un ambiente intellegibile che riduce l'opacità strumentale tipica dei laboratori scolastici e consente progetti di maggiore complessità; (ii) è una infrastruttura concettuale in cui i prerequisiti

vengono costruiti attraverso il loro utilizzo ricorsivo; (iii) è uno spazio di teorizzazione che accoglie errori fecondi e teorie intermedie; (iv) è una pratica di modellizzazione che rende i concetti fondamentali più chiari per chi li apprende. Il micromondo computazionale non simula il laboratorio: lo realizza sul piano epistemico e formativo. E l'IA si apprende nel suo portato epistemico e formativo in un contesto come laboratorio.

È ancora Floridi a fornirci una chiave interpretativa, in tal senso: ovvero considerare l'intelligenza artificiale non come "intelligenza" in senso forte, ma come una nuova forma di agency capace di operare con successo entro vincoli informativi anche senza "consapevolezza senziente" o comprensione di senso. Una super Logo Turtle da interrogare continuamente. I modelli generativi sono una forma di agency mai vista prima: possono "imparare" e migliorare il proprio comportamento senza dover essere intelligenti (Floridi, 2022). Questo spostamento concettuale ha implicazioni educative immediate: non si tratta di sostituire l'apprendimento umano con la produzione automatica, ma di progettare esperienze in cui gli studenti imparino a usare criticamente questi strumenti, distinguendo ciò che i sistemi sanno fare sintatticamente (ottimizzazione entro dati e obiettivi) da ciò che richiede intenzionalità, giudizio, responsabilità. L'agency artificiale è ancora una forma inedita di agency, che emerge dall'intreccio di obiettivi programmati e comportamenti appresi, chiarendone i tratti distintivi – interattività, autonomia limitata, adattabilità – e offrendo in questo modo una cornice per la didattica dell'IA orientata alla valutazione delle fonti, al controllo degli errori, alla riflessione metacognitiva e all'uso responsabile degli artefatti generativi (Floridi, 2025). In sintesi: un'IA che, nel laboratorio didattico, richiede e forma al pensiero multialfabeta, nello stesso tempo computazionale, critico, creativo, riflessivo e metacognitivo.

1. Il laboratorio come contesto e metodo per lo sviluppo delle intelligenze

Le scienze dell'apprendimento attuali considerano il laboratorio non soltanto come un luogo fisico, ma un artefatto progettato – ovvero un ambiente che integra pratiche, strumenti, norme discorsive e ruoli – finalizzato all'apprendimento profondo ed efficace, riprogettando classi e ambienti alla luce della ricerca basata sulle evidenze (Sawyer, 2022). In questa prospettiva, il laboratorio è quindi un contesto intenzionale in cui la conoscenza si costruisce attraverso attività, strumenti e interazioni organizzate (Nathan, Sawyer, 2013). È la convergenza, per esempio, degli studi di How People Learn I (Brandsford et al., 2000), che definisce quattro prospet-

ve interdipendenti per progettare ambienti per l'apprendimento efficaci: learner-centered, knowledge-centered, assessment-centered e community-centered.

In sintesi, è l'idea della teoria costruttivista dell'apprendimento che emerge in un laboratorio così interpretato, per la quale l'apprendimento profondo, significativo e duraturo richiede di: (i) partire dalle concezioni e dalle pratiche culturali di allieve e allievi; (ii) organizzare esperienze che siano in grado di “fare scienza” e costruire le successive spiegazioni; (iii) usare valutazioni formative come feedback durante l'attività; (iv) sostenere comunità di indagine di tipo co-disciplinare. È dunque questa coerenza tra le quattro dimensioni a rendere il laboratorio un ambiente che promuove comprensione profonda e trasferimento, chiedendo di agire continuamente in interazioni costanti, con gli strumenti e gli artefatti del tempo storico.

È facilmente comprensibile come il “laboratorio” efficace non sia un'appendice episodica, che interrompe ritmi di acquisizione conoscitiva ripetitivi, oppure scollegati dal curriculum, bensì rappresenti l'organizzatore intenzionale della vita dell'intero curriculum, ponendo l'indagine e la progettazione dei contesti al centro delle attività delle insegnanti e degli insegnanti: le classi devono poter porre domande, raccogliere e analizzare dati, usare evidenze per spiegare fenomeni e progettare soluzioni, con strumenti e risorse coerenti (NASEM, 2023). I contesti laboratoriali – indagati dalla ricerca come condizione didattica – mostrano apprendimenti più profondi quando è resa partecipata e condivisa la sequenza problema-ipotesi-esperimento-modellizzazione, alla base del modello sperimentale deweyano e del pensiero riflessivo. In particolare, le architetture pedagogiche dichiaratamente costruttiviste e inquiry-centered restituiscono effetti positivi sull'apprendimento delle STEM e sulle competenze trasversali (Polanin et al., 2024; NASEM, 2025), consolidando gli studi iniziali di Rogoff (1990; 2003) sulla partecipazione guidata e l'apprendimento progressivo dei significati e delle pratiche della comunità di appartenenza, di Wertsch (1991) sullo sviluppo dei processi cognitivi reso possibile dall'uso di artefatti culturali (attività mediata), di Tharp e Gallimore (1988) e Mercer (2000) sull'influenza dell'interazione didattica che realizza attraverso aiuti contingenti e condivisi la Zona di Sviluppo Prossimo, di Sawyer (2006) sull'apprendimento come processo profondamente situato e co-costruito, che trae la sua forza dall'integrazione tra soggetto, comunità e artefatti culturali.

Sawyer (2019) pone l'idea di laboratorio come studio (atelier) in cui docenti e studenti partecipano a pratiche disciplinari autentiche, con iterazione, esplorazione e sperimentazione come tratti del processo e con gli artefatti al centro della mediazione cognitiva. Immersa in questa prospettiva, l'IA come agency artificiale, è parte delle opportunità da conoscere in

modo approfondito, sia nei suoi processi che nelle (infra)strutture, sia nel contenuto che nelle forme agenti, in modo da comprenderne l'essenza e l'indirizzo. Nello stesso tempo “contenuto”, “metodo”, “artefatto”.

In sintesi: il laboratorio è un ambiente di apprendimento progettato che attua i principi del costruttivismo quando (a) è centrato su indagine, modellizzazione e discorso pubblico delle idee; (b) orchestra artefatti (strumenti fisici e digitali) e forme di valutazione congruenti; (c) riconosce la natura situata e culturale dell'apprendere; (d) costruisce nel tempo comunità disciplinari. Ma la genesi è propria del MIT?

1.1. *Once upon a time...*

Riprendiamo l'idea di Bruner, dopo Woods Hole: il laboratorio organizzato per l'apprendimento è dello stesso ordine del lavoro di laboratorio degli scienziati (Bruner, 1960, p. 81). Dello stesso ordine: ovvero né più né meno, “come” in laboratorio. Quindi il contesto di apprendimento è come un laboratorio, all'interno del quale dare un'incarnazione delle idee – in matematica ma naturalmente anche agli altri saperi – esplicitandone un aspetto dalle conseguenze cognitive importanti: ogni classe è un laboratorio, ogni classe è un luogo per risolvere problemi, fare ipotesi, montarle e smontarle, dimostrarle, confutarle, creare conoscenza, apprendere. Far vivere i concetti immersi nelle discipline: la classe-come-laboratorio, attiva, coinvolge, è dinamica, attenta al pensare, al fare, al dimostrare. Un sistema che porta al centro l'allieva/o, il suo pensare – profondo o superficiale che sia – il suo apprendere. Bruner, seppure in contrasto con una parte delle idee di Dewey, lavora su un terreno fertile dell'idea di scuola, di democrazia, di riflessioni, di attività didattica con gli strumenti tecnologici del contesto storico, DNA della scuola americana. Da Dewey occorre sostare, per comprendere gli incubatori del MIT, la loro progressione verso il pensiero scientifico dagli anni '60 ad oggi, l'avvio dei programmi STEM.

In *Schools of To-morrow* (Dewey, Dewey, 1915) la centralità operativa del laboratorio è sintetizzata nella formula oggi oramai (quasi)logora di “imparare facendo”, considerata in origine come descrizione generale di un modo di apprendere, ossia un apprendere che nasce dall'azione intenzionale e dalla soluzione di problemi autentici, non dall'accumulo libresco (Dewey, Dewey, 1915, p. 71). In questo senso il laboratorio è “naturalmente” anche spazio sociale: per cui la ragione del suo esistere risiede nel fatto che i bambini lavorano insieme e, nel farlo, imparano a lavorare con gli altri (Dewey, Dewey, 1915, p. 22). Tra le molte radici riconducibili a questa prospettiva educativa, risuonano forti i contenuti dei framework europei

LifeComp (2020) e GreenComp (2022) e delle Competenze chiave (2018). Laboratorio è il luogo dove la conoscenza si genera dall'esperienza non limitandosi ad applicarla, dove nessun libro o mappa è un sostituto del viaggio come esperienza personale. Un contesto che non è un'aula accessoria ma la forma organizzativa che rende l'apprendimento condiviso e situato; così inteso, media tra esperienza e curriculum, tra strumenti e processi, tra apprendimenti formali/non-formali/informali evitando sia la verbosità del sapere enciclopedico che lo spontaneismo. Dewey (1916) chiarisce come siano i criteri di continuità e di interazione – tipici dell'azione in laboratorio – a far maturare anche le condizioni di co-disciplinarietà necessaria a porre o affrontare i problemi: l'ambiente così concepito permette di progettare sequenze di esperienze continue e interattive, in cui gli alunni costruiscono significati e abitudini (*habits of mind*) d'indagine progressivamente più potenti. Questa architettura esperienziale si radica nell'idea di una scuola democratica che educa alla democrazia laddove quest'ultima è una modalità di vita associata, di esperienza condivisa e continuamente comunicata (Dewey, 1916, pp. 90-91). Il laboratorio diventa allora il microcosmo di questa vita associata, dove la partecipazione non è retorica ma pratica quotidiana così che la scuola diventi essa stessa una forma di vita sociale, una comunità in miniatura. Ne consegue che la riforma non consiste nell'aggiungere officine o aule attrezzate, ma nel riorganizzare il lavoro scolastico affinché risponda ai mutamenti scientifici e sociali: il principale sforzo di tutte le riforme educative è realizzare un riadattamento delle istituzioni e dei metodi scolastici esistenti (Dewey, 1916, pp. 230-231). Il laboratorio deweyano è dunque insieme concetto (una teoria dell'esperienza), metodo (indagine cooperativa guidata) e istituzione democratica (una comunità che apprende facendo e partecipando). Ed è interessante notare come agli insegnanti della Scuola Laboratorio venisse chiesto:

- di considerare che, al centro di tutto il loro insegnamento, vi fosse la crescita mentale, fisica e sociale del bambino, non il sapere in quanto tale;
- di organizzare modalità didattiche con attività nelle quali i bambini lavorassero insieme, ponendosi domande, investigando, pianificando, progettando;
- di prevedere assetti variabili della classe: alcune volte i bambini desideravano lavorare da soli e chiedevano aiuto ai compagni o all'insegnante, alcune volte lavoravano insieme immediatamente;
- di formare le classi non per età, ma per gruppi sulla base di interessi della comunità, delle capacità intellettuali generali, e competenze in certi tipi di lavoro;

- di formare gruppi di lavoro da 8/10 se i bambini erano di età più piccole, mentre per quelli più grandi fino a 12; i più grandi avrebbero così aiutato i più piccoli;
- di essere come un counselor, un leader educativo e, quando i bambini incontravo difficoltà anche frustranti, come un aiutante-facilitatore;
- d'introdurre le attività dei bambini nei gruppi con dei problemi, di aiutarli a discutere insieme per determinare cosa potrebbe essere svolto per risolverlo, di farli poi lavorare sulle soluzioni.

Il pensiero di laboratorio come contesto per lo sviluppo del pensiero scientifico e di comunità di ricerca, è stato riarticolato e diffuso anche nell'esperienza scolastica italiana, avviando una stagione anticipatoria di insegnamento-apprendimento delle STEM moderne.

Bruno Ciari (1970) ha posto un problema che guida ancora oggi la ricerca didattica e le indicazioni delle policy: quale senso e quale forma considerare per l'apprendimento del pensiero scientifico nella scuola di base? Il tema, per la didattica nel dibattito sull'innovazione, è essenziale.

Per Ciari il punto di prospettiva è la valorizzazione e la riforma dell'apprendimento scientifico, che corrisponde ad una necessità nazionale e sociale alla quale la scuola non può sottrarsi. In questa direzione va orientata la formazione dello spirito scientifico – attitudini e abiti mentali – che sottende allo sviluppo della scienza. Il ragionamento che ne consegue è esemplare: poiché la vita di scuola non è un vuoto fare, ma un operare per rendere evidenti abiti mentali scientifici, occorre partire dalle tecniche didattiche – non come strutture che operano di per sé – cogliendone il senso più profondo, comprendendole e promuovendole creativamente. Le tecniche, le procedure, trovano spazio poiché:

- rappresentano alcuni valori di cui esse sono espressione, i quali risulteranno sempre più chiari attraverso una loro espressione particolareggiata;
- rappresentano una piena e profonda risposta alle disposizioni e alle attitudini di ragazze e ragazzi (centralità dello studente);
- esprimono una sperimentata adattabilità a molti contesti o situazioni oggettive, ovvero non danno vita a esperimenti isolati, in condizioni speciali di ambienti o di attrezzature, ma rappresentano un'opportunità per innovare la vita didattica sia delle scuole delle grandi città così come delle periferie. Oggettività significa che esse possano così, in qualsiasi condizione, operare un cambiamento.

Il laboratorio di Ciari è dotato di attrezzature che rendono la scuola – nella storicità degli anni '70 – moderna, e con le quali le alunne e gli

alunni si mettono all'opera e possono cimentarsi nel processo di conoscenza e trasformazione della realtà (per esempio nel suo tempo: la macchina fotografica, il proiettore, il torchio per la stampa, le teche e le biblioteche con i lavori degli alunni. Oggi: le videocamere, le stampanti3D, le mini postazioni di registrazione e produzione di podcast, i siti web gestiti dagli studenti, i musei virtuali).

Ne consegue che il laboratorio di comunità scolastica assume ed esprime come fattori pedagogici:

1. una serie di attività comuni che siano profondamente sentite, condivise dai ragazzi e si svolgano in clima di collaborazione, cooperazione, reciproco aiuto;
2. una prospettiva sempre aperta, per cui ragazzi e ragazze operano verso una certa finalità (fondazione e sviluppo della cooperativa scolastica, raccolte a favore di eventi particolari, fiere ed esposizioni, ricerche, costruzioni di una certa importanza). Occorre mettere in moto l'entusiasmo e lo slancio dei ragazzi, occorre che ci sia sempre qualcosa per cui "lottare" per qualcosa, e non sempre facile o semplice;
3. l'esplicitazione delle norme che via via emergono dalle occupazioni nelle attività e dalle lotte comuni come patrimonio democratico. Come avviene fuori dalla scuola, anche la vita della classe implica un minimo di organizzazione per realizzare attività comuni, dalla quale emergeranno via via anche certe norme etiche: onestà, precisione, sincerità verso se stessi e verso gli altri, rispetto degli impegni assunti, lealtà, senso di appartenenza, spirito di dedizione;
4. le forme di organizzazione cooperativa con i suoi organi, elementi di autogoverno, non fittizi ma derivanti dalla partecipazione alla vita comune;
5. l'aula come laboratorio nella quale sono presenti elementi materiali che testimoniano il lavoro svolto dagli alunni e alunne: gli spazi in essa, il modo in cui le attrezzature sono distribuite, il modo in cui l'aula è arredata e adornata; così come il giardino realizzato e curato, l'orto sociale...;
6. il patrimonio culturale derivante dalle scoperte e dalle ricerche degli studenti viene espresso nelle loro monografie, nei prodotti multipli che realizzano;
7. i simboli per la vita associata: il nome della cooperativa, il titolo e la grafica del giornalino, certi segni per organizzare la vita insieme (segni d'intesa per ottenere attenzione, dare la parola, scandire il tempo comune), le magliette...;
8. il maestro, la maestra, gli insegnanti, le insegnanti.

Riscriviamo i fattori previsti da Ciari, considerando le opportunità dell'oggi storico e, tra i molti documenti di policy, per esempio, le Linee Guida per le STEM (2023):

1. risolvere problemi individuati dalle stesse alunne, che permettano di intervenire su situazioni locali o più generali, in forma cooperativa e di aiuto, utilizzando gli strumenti (per esempio) della stampante3D per realizzare oggetti o prototipi, della programmazione di robot per svolgere funzioni di utilità, della produzione di video e di podcast, in un clima di benessere e di interdipendenza reciproca;
2. progettare servizi per chi vive nella scuola (adulti e altri compagni) e realizzare prodotti utilizzando i materiali esistenti e prevedere una loro trasformazione attraverso le attività di coding, così come realizzare artefatti a favore degli abitanti del rione/quartiere in cui è inserita la scuola, proponendo anche attività e nuovi punti di vista “controcorrente” ma basati su dati utilizzando (per esempio creare e realizzare prodotti per piccoli finanziamenti di campagne di sostegno promosse dagli studenti con le stampanti3D; proporre algoritmi per migliorare la vita della scuola; coltivare piante in serre favorendone il controllo a distanza con gli algoritmi; pianificare e documentare le uscite con attività di streaming; pianificare e progettare eventi per presentare alla cittadinanza gli artefatti realizzati);
3. codificare, dopo la discussione o la revisione dei processi di lavoro attuati nel laboratorio, l'organizzazione e le procedure utili a partecipare e comunicare la vita democratica (per esempio con Scratch, attraverso la video documentazione, le interviste, il museo virtuale) per raccogliere esempi delle norme etiche co-costruite: onestà, precisione, sincerità verso se stessi e verso gli altri, rispetto degli impegni assunti, lealtà, senso di appartenenza, spirito di dedizione;
4. organizzare le attività di laboratorio come una cooperativa che ha problemi da porre e/o da risolvere al fine di apprendere saperi e trasformarli in servizio per migliorare il ben-essere e ben-stare della comunità scolastica o cittadina, dotandosi di regole condivise (per esempio creando procedure con i software, realizzando artefatti interattivi...);
5. predisporre le aule dei saperi (l'aula-laboratorio di matematica, di scienze, di letteratura...), nelle quali gli insegnanti sono liberi di arrearla e organizzarla al meglio “per” l'esplorazione dei saperi e nelle quali anche gli studenti ne sono responsabili. Sono le alunne che si spostano, non le insegnanti; gli strumenti possono essere spostati con i carrelli, da laboratorio a laboratorio;
6. il patrimonio culturale derivante dalle scoperte e dalle ricerche degli studenti viene espresso nei podcast che realizzano, nelle videonarrazio-

- ni che interpretano, nei blog e nei siti dedicati della scuola, dalle serie di mostre virtuali che allestiscono;
7. i simboli: il nome delle aule dei saperi, il nome del laboratorio, gli ambienti digitali, le personalizzazioni della scuola con gli artefatti realizzati ad hoc;
 8. il maestro, la maestra, gli insegnanti, le insegnanti, la comunità.

Il senso del laboratorio scientifico, per Ciari, è di permettere lo sviluppo di una forma mentis di ragazze e ragazzi (“in Italia lo sviluppo tecnico-scientifico è modesto e parziale. L’umanità cammina sulla via delle conquiste più ardite, la scienza è la protagonista della storia contemporanea. Vogliamo forse rimaner tagliati fuori da tutto questo?” Le nuove tecniche didattiche, 1971, p. 144) per contribuire ad un progresso scientifico e ad un progresso sociale.

I principi rilevanti nell’organizzazione che sostengono l’idea del laboratorio sono delineati:

- dalla definizione di alcuni principi logici della ricerca critica:
 - la necessità di una radicale riforma dei metodi per l’apprendimento scientifico (inculcare nozioni non ha nulla a che vedere con l’educazione scientifica e intellettuale);
 - il nozionismo da bandire è quello per cui si guarda alla nozione come fine;
 - dal processo di acquisizione scientifica;
 - la scienza è visione dinamica e dialettica dei fenomeni, l’apprendimento delle connessioni esistenti fra di essi;
 - una retta educazione scientifica deve produrre un incremento del sapere superiore;
 - il sapere è costruito dall’allievo ed è inserito in una struttura composta da un insieme di connessioni;
- dal processo logico della ricerca:
 - l’apprendimento scientifico è strettamente legato all’attività;
 - dalla trasformazione dell’ambiente e scienza;
 - l’attività intellettuale non si contrappone a quella pratica;
 - la differenza non è tra pensiero e azione, ma tra attività pratica esteriore e attività interiorizzata (che permette l’elaborazione di simboli, di previsioni, di trarre conclusioni...);
 - in una scuola moderna la conoscenza scientifica non può non considerare e partire dal processo di vita reale della comunità;
 - nessun posto rimane per il saper prefabbricato per l’inculcamento;
- dall’elaborazione del progetto;
 - messa a punto delle fasi;

- individuazione delle criticità;
- definizione degli obiettivi da raggiungere;
- imparare a porre le domande di ricerca;
- dall'individuazione dei mezzi di ricerca:
 - dare una struttura all'azione, selezionare i metodi e gli strumenti per raggiungere il fine;
- agire la ricerca:
 - rivedere le attività svolte
 - fare un bilancio di quanto realizzato;
 - verificare i processi messi in atto.

Il solco del pensiero scientifico “made in Italy” nel suo contesto di laboratorio trova ulteriore terreno fertile nell'*Officina della matematica* di Emma Castelnuovo, avviata anch'essa all'alba degli anni '70, e dopo un periodo di incubazione decennale.

Emma Castelnuovo parte dall'osservazione delle difficoltà che ragazzi e ragazze avevano nell'apprendimento della matematica. Inizia a ipotizzare e sperimentare un nuovo metodo in prima persona, inventandolo, per cercare di superare quelle criticità incontrate nell'insegnamento. Aveva in mente questa finalità, e la necessità di superare quelle che oggi chiamiamo dispersioni implicite e differenze di status sociale. Riferendosi ad alcune esperienze di “successo scolastico” conosciute da altri colleghi incontrati in scritti di ricerca come insegnante, aderisce all'idea di partire dalla realtà storica di ragazzi e ragazze, da quello che essi vedevano e conosceva attorno a loro. La metodologia è conseguente e coerente: si basa sull'osservazione della realtà, parte da tutto quanto si poteva misurare. L'insegnamento e l'apprendimento della matematica avviano, e vivono, nella sua Officina, e valorizzano il senso pratico e lo spirito di iniziativa delle ragazze, permettendo di raccogliere buoni esiti di apprendimento per poter continuare la strada. L'Officina si evolve e arricchisce di proposte fino a realizzare, a partire dal 1971, le esposizioni della matematica progettate e proposte da ragazze e ragazzi.

Tra le innovazioni – e le attenzioni formative – Emma Castelnuovo pone la questione del linguaggio, ovvero la spiegazione, l'argomentazione, la riflessione sulle procedure: scrivere è ritenuto così importante tanto che ella ritiene che il linguaggio stesso possa essere facilitato dalla matematica. Per esempio, spiegare come si costruisce un rettangolo che ha una base tripla dell'altezza, è più facile del raccontare un'esperienza che ragazze hanno vissuto. In questo la matematica può facilitare un uso corretto del linguaggio, poiché ci sono da adoperare poche parole, ma in modo chiaro e sintetico. La matematica può aiutare a parlare bene la lingua italiana, una mate-

matica appresa con i materiali, di cui poi si possano verbalizzare i passaggi e le scoperte fatte con poche parole semplici, chiare, legate all'esperienza vissuta. Per Emma Castelnuovo in questo modo si possono anche aiutare i compagni non italiani, facilitati anche i compagni italiani, che si abituano a parlare bene l'italiano, con poche parole.

Le caratteristiche dell'*Officina della matematica* possono essere raccolte in alcuni elementi che ne direzionano anche l'azione didattica, già incontrati:

- imparare a guardare anche con la mente non solo con gli occhi:
imparare a guardare è connesso con il pensare: l'importanza di questa connessione è data dal guardare con la mente gli spazi, i luoghi, con gli occhi della mente. In questo modo la matematica è realtà, è capace di aprire la mente, e quindi interessa e appassiona i ragazzi, ed è un altro modo di comprenderla. Gli oggetti e gli strumenti didattici costruiti invitano a guardare, toccare, ragionare, anche su figure fatte male. Una costruzione fatta male è possibile vederla anche in un altro modo, con un punto diverso. Così da poter mettere a confronto le cose, i punti di vista, e trarne ragionamenti;
- imparare ad apprendere con le mani:
nella didattica dell'Officina è organizzare il rapporto tra mano-cervello. Costruire, fare, adoperare le mani è necessario per andare oltre allo stesso artefatto. L'uso delle mani nella costruzione degli oggetti conduce a imparare a ragionare, a cercare una logica in ciò che si va costruendo, confrontando i ragionamenti e procedure diversi. Costruire insieme è azione coinvolgente, è inclusiva, è partecipativa, è capace di ridurre le differenze. Apprendere con le mani è vivere l'esperienza del rapporto tra l'artigianato, i mestieri e le conoscenze. Coloro che fanno mestieri – con la loro manualità e pratica – hanno notevoli intuizioni geometriche, di volumi, di misure. Toccare è osservare, osservare è anche fare con gli occhi della mente;
- imparare tutti la matematica:
nella didattica dell'Officina vive il desiderio che tutti arrivino ad apprendere. Lavorando con le mani e osservando, i ragazzi si aiutano tra loro, aiutano i compagni che incontrano maggiori difficoltà a raggiungere esiti e soddisfazioni. Con quella degli insegnanti, contano le spiegazioni dei compagni, che generalmente sono in grado di fornire esempi efficaci per la comprensione. In questo modo gli insegnanti partecipano ai lavori delle loro allieve, manifestando vicinanza necessaria, fornendo feedback, che divengono formazione. Il fattore più importante è che tutti comprendono, che ragazzi e ragazze si possano aiutare, che non si lascia nessuno indietro. Nell'Officina, il fare e il pensare sono

così connessi da essere prassi: le cose che si sono viste e su cui si è operato si ricordano più facilmente. Più che il programma è importante il progetto da realizzare per comprendere al meglio: osservare le affinità utilizzando il sole e le ombre si può fare sempre, senza nessun materiale particolare. Oppure, dall'osservazione, realizziamo un sistema con materiali complessi. Riflettere sulle esperienze, individualmente e con gli altri;

- imparare la realtà, imparare con i materiali:
nell'*Officina della matematica* la realtà insegna e dalla realtà si apprende. Realtà mai statica, in cambiamento, nel tempo. Oggi ciò che interessa è quello che si costruisce e che ci fa comprendere il come e il perché delle cose. Costruzioni che ci circondano sfuggono alla nostra attenzione. Per esempio: una impalcatura fissa non attrae, ma quando la si vede montare, allora è realtà dalla quale emerge che senza triangoli non potrà rimanere fissa, non potrà reggersi. E diventa realtà dalla quale si apprende ed è possibile imparare a creare dell'altro, con altri materiali per altri oggetti, per altre strutture. Le leggi sulla prospettiva, studiate dal punto di vista matematico, sono venute molto dopo le scoperte dei pittori; nell'arte si studia e si scopre la prospettiva, ma non è stata matematizzata perché non si guardava alla realtà. Con i materiali si possono realizzare progetti che intervengono sulla realtà o la modificano: ieri asticelle, cubi, stanghette; oggi Lego, Scratch, oggetti stampati in 3D.

Alcune caratteristiche della didattica dell'*Officina della matematica* di Emma Castelnuovo possono essere sintetizzate in:

- guidare alunne-alunni alla riscoperta delle leggi e proprietà dei numeri e delle figure;
- considerare le problematiche concrete come base di ricerca, capaci di coinvolgere alunni-alunne;
- utilizzare un indirizzo storico-costruttivo e non descrittivo;
- rispettare i tempi di alunne-alunni e il loro modo di mettersi alla prova "cimentandosi" per sviluppare le possibilità di osservazione, l'intuizione, il senso critico, e, in generale, alcune fondamentali attitudini di pensiero.

Alcune indicazioni delle relazioni nell'*Officina della matematica*:

- suscitare interesse e quindi discussioni, accettare domande su domande, anche le più balorde;
- accettare domande a cui immediatamente non si sa rispondere con l'attenzione a manifestare interesse nella ricerca della risposta;

- lasciare a ragazzi-ragazze il tempo di perdere tempo, ovvero di garantire l'opportunità di costruire soluzioni, anziché fornire soluzioni precotte. Che permette, da un altro punto di vista, di dare il tempo per riflettere, per pensare, per ipotizzare, per operare con la mente, per arrivare a capire e, quindi, a costruire conoscenze sicure.

A Cenci, gli allievi di Emma Castelnuovo hanno continuato a proporre l'idea di formazione alla matematica, secondo le forme e le metodologie che la maestra Emma proponeva loro, creando l'Officina della matematica. L'esperienza del laboratorio di matematica nato agli inizi degli anni '40 ha continuato a generare esperienze di apprendimento significativo fino ai nostri giorni.

A Fano, Giuseppe Tamagnini, in contatto con Celestine Freinet, avvia nel giugno del 1951 la Cooperativa della Tipografia a Scuola, con lo scopo di sperimentare nelle scuole del territorio nazionale i laboratori di Freinet. L'iniziale cooperativa, diviene successivamente Movimento di Cooperazione Educativa (1958).

Attraverso l'azione del Movimento, il laboratorio della tipografia scolastica si estende e amplifica la risonanza metodologica, animando lo sviluppo professionale degli insegnanti. Consapevolezza di trasformare le proprie abitudini didattiche per migliorarsi, sperimentazione di nuove procedure di lavoro didattico che si andavano diffondendo, generazione di un'idea di scuola nuova: su questi elementi prende forma la proposta italiana del laboratorio della tipografia scolastica.

Alcuni principi didattici assunti dal laboratorio sono stati già incontrati:

- l'individualizzazione dell'apprendimento;
- la socializzazione del contesto;
- l'operatività delle proposte;
- la motivazione degli studenti;
- la concretezza dei saperi;
- l'unità e organicità delle proposte.

In modo particolare la "didattica operativa" che ne discende viene specificata nell'interconnessione tra i principi, le tecniche, le esperienze come continuum di apprendimento, con l'intento di realizzare quella che oggi viene definita didattica "oltre le discipline". Il centro dell'attività del laboratorio poneva sempre al centro la ricerca che, in gruppi cooperativi, porta a realizzare testi o svolgere compiti dai quali si originano testi nuovi, che vengono commentati e discussi successivamente da tutti, aggiornati e sviluppati.

La proposta di Tamagnini e del Movimento di Educazione Cooperativa, assume la prospettiva già avviata da Célestine Freinet. Il suo lavoro è direttamente coinvolto nel fornire senso pedagogico all'innovazione. È un maestro che, nel solco di Dewey e delle Scuole Attive, di Decroly, di Bovet, di Claparède, di Ferrière – tutta Scuola pedagogica targata Europa – ha maggiormente connotato l'intreccio tra strumenti, progetti, esperienze come generativi di intelligenze plurali. Freinet ha portato a scuola il piccolo torchio da stampa, il rullo, l'inchiostro, i caratteri di legno, ha programmato sequenze per realizzare i testi, generato modelli di scambi comunicativi con altre scuole. Tra gli obiettivi, nell'organizzare la Tipografia Scolastica come laboratorio per l'apprendimento, possiamo annotare quello principale: di trasformare le teorie in azione. Per Freinet la pedagogia è scienza che guida i modi per condurre una classe, in vista di un'istruzione e di un'educazione ottimale dei fanciulli che la compongono. Nel suo pensiero è riconoscibile il tentativo di considerare la didattica come espressione coerente di una pedagogia che illumina la crescita culturale e intellettuale, ma anche pratica, dei bambini. Sostiene che – nel vuoto pedagogico che si è creato, dove cercano di sopravvivere una Scuola Nuova posta in discussione, e dei metodi attivi spesso malintesi – la Scuola Moderna, appare una formula pedagogicamente promettente, fornita di prassi coerenti, di fondamenti psicologici, filosofici e sociali. Nel laboratorio di Freinet i ragazzi realizzano i prodotti di gruppo con gli strumenti della tipografia (il piccolo torchio, l'inchiostro, il rullo, i caratteri di legno per la composizione dei testi), vivono le interdipendenze delle relazioni sociali svolgendo i lavori e realizzando lettere e giornali scolastici, discutono prima su come realizzare le attività e dopo di queste per capire e migliorare, pensano e attuano procedure per realizzare il progetto. Nell'organizzazione della classe laboratorio Freinet considera alcuni principi che possiamo definire, oggi, ben fondati sulle evidenze di ricerca:

- l'organizzazione cooperativa del laboratorio:
l'organizzazione cooperativa richiede che vi sia un'assunzione attiva di compiti e di responsabilità, che ruotano tra i partecipanti, che sviluppino interdipendenze (di scopo, di compito, di ruolo, di informazioni e di risorse, di abilità manuali e di fantasia).
La progettazione di attività diversificate e coinvolgenti basate sulla realizzazione di artefatti, richiede a ragazze e ragazzi di maturare la sensibilità – di tipo distribuito – verso le decisioni da prendere, di aprirsi a un poter essere e fare, di costruzione ed uso della parola. Sono aspetti che potremmo dire di premessa per realizzare progetti, esercitando e valorizzando differenti intelligenze;

- le metodologie del laboratorio per il testo libero, il giornalino scolastico e la corrispondenza interscolastica:
queste specificità del lavoro proposto da Freinet, rappresentano le scelte didattiche per un approccio attivo e partecipativo, sia degli alunni così come dei gruppi. Permettono di esprimere il desiderio di comunicare, di facilitare la costruzione collaborativa di conoscenze e di tratti di competenza, di rafforzare il senso di appartenenza. Il testo libero è un esempio di come venga considerata l'esperienza del bambino, centrale nell'attività di apprendimento. Ognuno porta la sua diversità, la sua esperienza, il suo desiderio e la sua curiosità, affidando all'azione di redazione spesso co-costruita del testo la capacità di ascolto, di mediazione, di conferma delle soggettività;
- il testo libero, come lo descrive Freinet, è un testo che il ragazzo scrive liberamente, secondo il tema che lo ispira, portando “dentro” la scuola il “fuori” scuola. Ma non basta, questa libertà. Occorre anche alimentare e nutrire la voglia di scrivere, il bisogno di esprimersi. Per questo il vero testo libero potrà nascere e sbocciare nel nuovo clima di libera attività, della Scuola Moderna. Un testo libero – laddove oggi possiamo vedervi affiancati altri strumenti come quelli audio, video o digitali – che unito all'organizzazione delle relazioni e degli apprendimenti cooperativi, diviene uno dei luoghi di co-costruzione delle conoscenze e dell'apprendimento delle pratiche democratiche;
- la circolarità ascolto-parola-ascolto nella dinamica del laboratorio:
a livello metodologico, Freinet compie una critica-pratica del monopolio della parola da parte dell'adulto, evidenziando l'importanza di momenti di esperienza comune tra gli allievi, nei quali l'insegnante svolga la funzione di regolazione del discorso del gruppo o addirittura soltanto testimone. In questa circolarità, avvengono fatti comunicativi nei quali insegnanti e compagni svolgono la funzione di impalcatura di sostegno (scaffolding) tra il livello attuale – il qui ed ora di quanto dimostrano gli allievi e il gruppo a livello comunicativo – e il livello potenziale, ovvero il livello di competenza comunicativa a cui i gruppi e i singoli possono arrivare con l'aiuto adeguato (la Zona di Sviluppo Prossimo di Vygotskij);
- la documentazione e il rapporto tra attività e documentazione:
la documentazione diviene il processo attraverso il quale gli allievi fissano i percorsi fatti, e restituisce il significato alla storia individuale e a quella di gruppo. L'organizzazione del gruppo classe come comunità di apprendimento, richiede che si lavori a creare punti di riferimento, dei mediatori della memoria, che siano così significativi da resistere nel tempo, e che siano testimoni della vita del gruppo. Freinet propone lo

schedario, che il gruppo classe corregge, aggiorna, costruisce, e arricchisce, rendendolo giusto per la classe, ma utilizzabile anche da altre classi, le quali potranno a loro volta adattarli alle loro esigenze.

Le potenzialità delle attuali forme e strumentazioni tecnologiche offrono molteplici stimoli e occasioni per rendere ancora più significativa la documentazione dei progetti e delle attività svolte in modo cooperativo.

Once upon a time... il laboratorio. Il ritardo nell'educazione scientifica, almeno in Italia, non riguarda la mancanza di esperienze e di metodi organizzati, di esempi di successo. Semmai una loro diffusione sistemica, accompagnata da forme innovative di ricerca-formazione e da nuove organizzazioni dei contesti. Nel susseguirsi delle impronte ministeriali, la frenesia riformistica spesso ha prevalso sull'estensione delle innovazioni già in atto, marginalizzando quanto, in realtà, le scienze dell'apprendimento e le neuroscienze stavano documentando come nuove frontiere. Un'idea di scuola per le persone, piuttosto che per il mercato.

2. I tratti di un laboratorio come scuola delle intelligenze

Operiamo una sintesi pedagogica di quanto il laboratorio esprime, attraversando il MIT, i suoi antecedenti e conseguenti. Un primo tratto che annotiamo è la dimensione intrinsecamente “interculturale” del laboratorio, che richiede un essere e farsi “tramite” con le competenze di altri. Il prefisso “inter” definisce un divenire in relazione, richiama e richiede dispositivi di riconoscimento, dialogici e di scambio, considera e predispone gli spazi dell'incontro. È un prefisso relazionale che nel suo esistere “interdisciplinare”, è cambiamento e trasformazione, anche delle iniziali competenze espresse o richieste agli studenti. Esprime l'incontro interculturale – di culture, di competenze, di esperienze, di valori – permettendo forme di dialogo necessarie e partecipative, che disegnano nuovi strumenti cognitivi ed etici. Luoghi che si offrono come matrice di quel “co-operare”, di una convivenza sociale che è partecipativa e che pone al centro l'incontro con l'alterità. Capace, quindi, di affrontare una “crescente diversità” nella quale siamo immersi, come processo formativo e trasformativo individuale, sociale e organizzativo. In questo senso, il laboratorio esprime alcune grammatiche distintive.

È luogo di contaminazione e di meticciamiento, tra competenze in atto e potenziali, tra esperienze pregresse e possibili, alimentate da uno scambio continuo per affrontare problemi sempre nuovi, in un luogo destrutturato – informale e di prossimità – fisica, cognitiva e tecnologica.

L'innovazione – il secondo tratto che annotiamo – è dunque una dimensione emergente della differente interpretazione sia dei perimetri architettonici di una scuola, e sia delle forme dell'apprendere, generata simultaneamente dal sistema di relazioni vissute e poste in essere, attraverso la loro continua interazione. Conseguente alle prossimità e ai differenziali di esperienze, l'innovazione diviene altresì la capacità di interpretare nuovi bisogni e pervenire a nuove idee progettuali e nuove soluzioni, favorita dalla disponibilità di servizi e competenze, presenti nel luogo, che facilitano il passaggio costante dall'idea all'azione.

La dimensione emergente dell'innovazione caratterizza di conseguenza l'idea di scuola laboratorio come luogo generativo di intelligenza – ovvero attivatori naturali di networking, reti neurali condivise, costantemente attivate e che si scambiano informazioni e interpretazioni – che dall'essere forma e memoria privata si espande divenendo collettiva e sociale. Il lavorare insieme con competenti differenze e all'interno di una visione di community permea di significato cognitivo e intellettuale delle processualità coinvolte nel lavoro di gruppo, nell'elaborazione delle idee, nella creazione.

Il laboratorio come contesto e metodo si configura con una propria intelligenza – terzo tratto che annotiamo – con una identità specifica, di tipo multiplo o plurale, dentro al quale convergono differenti identità individuali, così che la dimensione contestuale diventa di multi-appartenenze (Sen, 2006, p. 256). La condivisione di uno spazio comune rende possibile sperimentazioni e interdipendenze di competenze e di significati, alimentando un sapere contestuale – esplicito e implicito – che conduce a quell'intimo e fluido nesso tra individuazione dei problemi e soluzione dei problemi, per altro rappresentativi di una elevata maestria e perizia, tipica del sapere artigiano (Sennet, 2012) oggi anche sempre più digitale. Il luogo come condivisione di spazi e di conoscenze, di creazione di nuovi saperi, supera la univoca prospettiva disciplinare, la prevalente conoscenza teorica vs operativa, permette l'assunzione dell'interdisciplinarietà, come guida alla ricerca di nuove domande, di nuove soluzioni e di trasformazione dei bisogni individuali e sociali in innovazione. È la capacità intrinseca all'interdisciplinarietà, di quello che oggi viene definita come sharing (che esprime per altro anche un tipo di economia), che agevola sia il risparmio che la produzione. Appare evidente come i processi partecipativi siano rilevanti nell'alimentare nuova conoscenza e intelligenza, all'interno di un'organizzazione sostenuta da costante presenza, da interazioni, da azioni e da condivisione strutturale.

La partecipazione – quarto tratto – diviene un dar forma alle scelte, alle decisioni che avvolgono le direzioni e le culture del luogo laboratorio, determinando una visione differente del luogo stesso di lavoro, non più

espressione di delega – formale o informale – bensì assunzione di responsabilità, di auto-direzione, di intrapresa, di co-progettualità. È la partecipazione diretta e indiretta alla vita del luogo, è l'attivazione dei processi partecipativi e del loro impiego finalistico, è lo sviluppo e la consapevolezza dei processi orizzontali di coinvolgimento, che consente di aggiornare costantemente le proprie competenze e generare una nuova idea di apprendimento (e di lavoro). L'intreccio tra progettualità, soluzione di problemi, prossimità, scelte di valore richiede dinamiche crescenti di padronanze individuali in grado di vivere e agire in una community, partecipando contestualmente a co-costruire un luogo che possa accogliere e divenire opportunità per tutti i suoi abitanti. Emerge l'apprendimento in situazione, che genera comunità di progetto nelle quali una pluralità di attori collaborano (condivisione dei mezzi) e cooperano (condivisione dei mezzi insieme ai fini) per trovare soluzioni alla multiproblematicità del contesto sociale, economico, culturale, nel quale operano.

La fiducia – quinto tratto – è atteggiamento e condizione fondamentale nel laboratorio così come nell'apprendimento, ed esprime naturalmente un sistema di relazioni interdipendenti. La fiducia rappresenta la leva attraverso la quale pensare alle forme che contrastano le dispersioni: coinvolgere, creare, porre e risolvere, domandare, inventare, essere in relazione. La fiducia avvolge un ambiente generativo che favorisce la creatività – sesto tratto – elemento caratterizzante lo sviluppo della conoscenza e l'innovazione stessa, intesa – con Bertin (1976, p. 23) – come intelligenza progettante, aperta anche e soprattutto al futuro, capace di essere vissuta come un'esperienza che non solo aumenta la realtà qualitativamente, ma la trasforma quantitativamente (Dewey, 1957, p. 4). Sono i luoghi intesi come ambienti sociali, che si caratterizzano per permettere l'espressione della creatività come capacità di agire in modi inusuali, che si svolge in un processo, che si compie come sintesi. In essi la creatività è in grado di produrre innovazione, proprio perché le condizioni contestuali ne alimentano l'espressione e la concretizzazione, in un continuum di interazioni multipolari tese – in forme intersoggettive – a risolvere nuove istanze associate a nuove soluzioni che aumentano il ben-essere contestuale e individuale.

Nel laboratorio l'idea che alimenta una nuova con-vivenza nella Scuola è quella di creare un “contesto di azione” dove i micromondi di ricerca si compenetrano senza confini tra i saperi, promuovendo così un apprendimento immersivo, profondo, fortemente comunitario, aperto anche a una nuova relazionalità con la comunità territoriale che diviene risorsa relazionale essa stessa. La scuola come laboratorio non può essere intesa come uno spazio chiuso e impermeabile al confronto con l'esterno, ma come un contesto relazionale, un involucro permeabile, attraversato da flussi conti-

nui senza soluzione di continuità, dove i patrimoni materiali e immateriale dei contesti divengono “memoria di futuro”, dove si creano alleanze, sinergie, collaborazioni e dove si sperimenta una nuova dimensione anche di servizio pubblico – inteso come generazione di valore e di servizi a favore di persone e organizzazioni con artefatti e prodotti – e, naturalmente, di cittadinanza attiva.

3. Il laboratorio contesto di attivazione della conoscenza latente

La nozione di conoscenza latente si riferisce a quel patrimonio cognitivo che un individuo possiede già, ma che rimane inespresso o non immediatamente utilizzabile fino a quando non viene richiamato da specifiche condizioni di compito, di contesto o di mediazione. Nella ricerca, il concetto è stato affrontato a partire dagli studi sull'apprendimento latente, che mostrano come gli esseri umani possano acquisire conoscenze anche in assenza di rinforzi immediati (la prestazione, il voto), rendendole manifeste solo quando emergono le circostanze adeguate (Wang, Hayden, 2021). In ambito educativo, questa tipologia di conoscenza è stata ulteriormente analizzata attraverso metodologie di analisi dei profili, che consentono di identificare configurazioni di saperi e credenze non immediatamente visibili nei docenti e negli studenti, ma capaci di influenzarne in modo significativo i comportamenti di apprendimento e insegnamento (Kong et al., 2025).

Affinché il sapere latente diventi risorsa per gli studenti, è necessario un processo di attivazione che può avvenire mediante pratiche metacognitive, domande attivanti, compiti di transfer o, più in generale, in contesti che sollecitino l'uso creativo e riflessivo di conoscenze precedentemente acquisite ma non ancora mobilitate.

È in questa prospettiva che il laboratorio si configura come un ambiente privilegiato per l'attivazione della conoscenza latente: la dimensione pratica e situata delle attività, l'esplorazione di problemi autentici e la possibilità di apprendere osservando, collaborando e riflettendo favoriscono il passaggio da uno stato latente a uno stato attuale e manifesto del sapere. Non si tratta soltanto di un apprendimento tecnico, ma di un processo di riorganizzazione cognitiva e culturale, in cui la “conoscenza incorporata” trova nuove forme di espressione attraverso la mediazione sociale e l'uso di strumenti (Schön, 1983; Lave, Wenger, 1991). La coerenza con la teoria della Zona di Sviluppo Prossimo (ZSP) è evidente: la ZSP rappresenta infatti lo spazio del potenziale, ciò che l'allievo non riesce ancora a realizzare da solo ma che può attuare con il supporto di un adulto o di un

pari più competente (Vygotskij, 1990; Mecacci, 2000). In questo senso la conoscenza latente può essere considerata il contenuto cognitivo “in attesa” di essere attivato, mentre la ZSP ne costituisce il contesto dinamico in cui l’attivazione diventa possibile grazie a strategie di mediazione, collaborazione (anche attraverso lo scaffolding).

Un aspetto emergente nella letteratura contemporanea riguarda inoltre il ruolo delle tecnologie di intelligenza artificiale generativa, e in particolare dei Large Language Models (LLM), come strumenti in grado di contribuire all’attivazione della conoscenza latente negli studenti. Questi modelli, che sappiamo essere addestrati su enormi corpora testuali e che, come ormai noto, sono capaci di restituire informazioni, esempi e domande che fungono da stimoli attivatori, possono essere gli attivatori dei saperi pregressi che gli studenti possiedono ma che non sono immediatamente in grado di mobilitare.

Studi recenti sulla mostrano che gli LLM possono “portare in superficie” conoscenze implicite o potenziali tramite la generazione di domande mirate, scenari alternativi e richiami contestuali (Christiano et al., 2021; Burns et al., 2022). In ambito didattico, ciò significa che un docente può utilizzare l’IA generativa come scaffolding cognitivo, ad esempio invitando lo studente a spiegare un procedimento già incontrato in contesti diversi, oppure chiedendo al modello di generare analogie, varianti di compito e situazioni-problema che richiedono il recupero di concetti dormienti. In questo modo, il LLM diventa non soltanto una fonte di contenuti, ma un attivatore di memoria e di connessioni concettuali, che aiuta a trasformare la conoscenza latente in sapere esplicito e operativo. L’integrazione di tali strumenti in una didattica laboratoriale rafforza la coerenza con la prospettiva vygotskijana della ZSP: così come il supporto di un adulto o di un pari più esperto può sollecitare il passaggio dal potenziale all’attuale, allo stesso modo un LLM, se usato in maniera intenzionale e critica, può agire da “partner dialogico” in grado di stimolare lo studente a mobilitare ciò che sa ma non mostra, favorendo un apprendimento riflessivo, creativo e contestualizzato.

L’idea che l’apprendimento nasca da problemi che generano domande affonda per altro le radici in Dewey, per cui l’“inquiry” – come considerato nel secondo capitolo – è pensiero riflessivo orientato all’azione e alla ricostruzione del significato (Dewey, 1933), e trova un ancoraggio nella Zona di Sviluppo Prossimo. L’interazione mediata – spesso tramite domande e sistemi di domande progressive – rende attuale il potenziale cognitivo, attivando saperi pregressi altrimenti dormienti (Vygotskij, 1978).

In questa cornice, la didattica “attraverso le domande” non è un accessorio retorico, ma un dispositivo epistemico che rende visibile e mobili-

tabile la conoscenza latente: nelle pratiche strutturate come il Reciprocal Teaching (porre domande, chiarire, riassumere, predire) si osservano miglioramenti robusti nella comprensione e nel monitoraggio metacognitivo (Palincsar, Brown, 1984), mentre l'insegnamento esplicito a porre domande e a spiegare (reciprocal peer questioning) incrementa comprensione e transfer (King, 1994); nelle scienze, la valorizzazione delle domande degli studenti sostiene inquiry, argomentazione e pensiero causale (Chin, Osborne, 2008). Sul versante della lettura disciplinare, l'attenzione è posta ponendo domande interpretative (Beck et al., 1997), dove le domande divengono ponte fra saperi pregressi e nuovi contenuti (Ogle, 1986; Rothstein, Santana, 2011). A livello curricolare, la tradizione dell'inquiry e del PBL forniscono la grammatica operativa: il curriculum come pratica d'indagine (Schwab, 1969), i problemi autentici che generano domande (Barrows, 1986) e, soprattutto, lo scaffolding necessario perché inquiry e PBL funzionino con i novizi (Hmelo-Silver, Duncan, Chinn, 2007). Lo scaffolding delle domande opera sia come strutturazione (scomporre compiti, fornire template e vincoli) sia come problematizzazione (rendere “visibile” l'oggetto concettuale da capire), secondo un doppio meccanismo ormai classico (Reiser, 2004) e sistematizzato nei framework digitali per l'inquiry (Quintana et al., 2004) e nei modelli project-based orientati da domande guida (Krajcik, Shin, 2014), fino all'allineamento valutativo che richiede domande di performance capaci di attivare “le conoscenze latenti” (National Research Council, 2014); anche nella tradizione dialogica della community of inquiry si vede come la regolazione del dialogo attraverso domande favorisca partecipazione epistemica e argomentazione (Santi, 2006), mentre in educazione scientifica si riconosce la necessità di passare dal “laboratorio-ricetta” a indagini guidate da buone domande, centrate su cause, prove e spiegazioni (Hodson, 1996). Infine, la linea delle tecnologie e del tutoraggio dialogico mostra che sistemi conversazionali progettati per domande, feedback graduati e negoziazione di significato (AutoTutor) sostengono apprendimenti profondi (Graesser, Wiemer-Hastings, Wiemer-Hastings, 2005), e che i tutor intelligenti – quando strutturati a passi e domande – possono avvicinare l'efficacia del tutoraggio umano (VanLehn, 2011): sono queste evidenze a legittimare l'uso di chatbot educativi, purché adottati come mediatori dialogici che, attraverso domande ben progettate, attivano la conoscenza latente e la trasformano in conoscenza esplicita e trasferibile, in coerenza con l'inquiry deweyano e con la ZSP vygotskijana.

4. Making tinkering coding: la scuola laboratorio nel tempo delle STEM, del digitale, dell'AI4SG

Se entrassimo con dei visori di metaverso nella bottega di Andrea Verrocchio, e fossimo Leonardo che si affaccia sul cortile all'alba di quella prima mattina di primavera, in angoli diversi potremmo essere immersi nel lavoro operoso di maestri e allievi, con i loro strumenti e materiali. Potremmo osservare quel luogo pulsante di chiacchiericcio e rumori, di materiali multiformi sparsi, in un disordine apparente, di artigiani assorbiti dai loro lavori. Gruppi di giovani che, nelle loro isole di sperimentazione, conoscono, osservano, discutono, elaborano, guardano gli altri all'opera, risolvono i problemi delle commesse e apprendono. Pensieri e maestria si formano e si elaborano nel mentre l'azione accade. I nostri occhi facilmente sarebbero rapiti dai gesti così plastici delle mani che scalpellano la pietra dandone forma, o sulla forza giusta che quelle stesse mani usano per pestare pigmenti che subito dopo divengono colore di pittura. Togliamo i visori e lasciamo l'avatar di Leonardo.

Entriamo nella nostra classe e proponiamo ad alunne e alunni di realizzare un progetto che permetta di risparmiare l'acqua sia a scuola che a casa. Come Leonardo diventiamo "maker": con studenti e studentesse abbiamo bisogno di capire quali sono i saperi necessari, abbiamo bisogno di mettere insieme le idee con gli oggetti che abbiamo e che ipotizziamo utili, abbiamo bisogno di provare a mettere nero su bianco un progetto, di provare schemi, modelli e materiali, di fare delle proiezioni di cosa potrebbe capitare se, e inventare delle soluzioni: siamo all'interno di una classe-laboratorio di "making". Quella classe è una inesauribile fonte di ricerca delle conoscenze più pertinenti, e delle loro applicazioni per trasformare un'idea in progetto e in artefatto. Una classe che guarda alla generazione di futuro. Come maker assumiamo lo spirito curioso di Leonardo che si fonde con il desiderio, con la capacità di affrontare i problemi e trovare soluzioni, con la motivazione di far parte di un gruppo di ragazzi innovatori. Una classe che è opera sociale e culturale collettiva nella quale, tra esperienza nota e ignota, tra selezione e scelte continue si mettono in azione le idee: come abili artigiani e scienziati creativi.

Laboratorio come cerniera, luogo di raccordo e apprendimento dei plurali formativi formali e non-formali; laboratorio come riconoscimento e produzione di cultura dove l'elemento di attivazione, di coinvolgimento e di riflessione divengono epifania dell'esperienza; laboratorio come metodo, attraverso il quale apprendere ad aggiornare, partecipare, applicare, le informazioni e conoscenze, per generare innovazione. La condizione richiesta è "poter permettere di essere agentivi per appendere": metodi nei quali la

ricerca, la riflessione, l'utilizzo delle informazioni, permetta di ricostruire o inventare conoscenze, sperimentare procedure, confrontarsi con le difficoltà ed elaborare propri meccanismi di organizzazione della conoscenza. Analogamente, i metodi costruttivi richiedono agli studenti di essere in relazione con gli altri componenti il gruppo o la classe, richiedendo modalità specifiche di organizzazione degli spazi.

In questa prospettiva possiamo individuare nel making tinkering coding la forma, il contesto, il concetto e il metodo che racchiude l'essenza del laboratorio nel tempo dell'IA e delle STEM. In realtà, anche in questo caso, le radici affondano in humus pedagogico significativo: i primi makers pionieri visionari li abbiamo incontrati, Dewey che introduce la Laboratory School a Chicago, Freinet e Tamagnini con la tipografia scolastica in Francia e in Italia, Ciari la tecnologia per apprendere, Castelnuovo la matematica con le cose della vita. Blikstein (2018) riconduce il making e la making education alla costruzione di senso delle esperienze nella scuola e nella vita, una nuova declinazione di quel progetto sempre più mappato da evidenze di ricerca, di un apprendimento basato su progetti, e guidato dall'indagine. Un modo nuovo, e nel contempo antico, di formare le intelligenze. Perché?

4.1. Il making (maker education)

Possiamo definire il making come un approccio didattico di tipo laboratoriale e socio-costruttivista, attraverso il quale alunne e alunni progettano e realizzano artefatti (fisici, digitali) con cicli iterativi di ideazione-prototipazione-test-riflessione, spesso in ambienti solitamente definiti come makerspace e fablab scolastici. Radicato nell'idea di Dewey e nel costruzionismo di Papert, il making promuove agency, sensibilità al design, pratiche ingegneristico-scientifiche e competenze trasversali, valorizzando la comunità, la condivisione e la cultura della Zona di Sviluppo Prossimo (Blikstein, 2013; Halverson, Sheridan, 2014; Martin, 2015; Clapp, Ross, Ryan, Tishman, 2016). Il making e la maker education rappresentano la traiettoria di costruzione di una cultura profonda basata sulla generazione di idee, apprendimento profondo ed equità, insistendo sull'integrazione curricolare e organizzativa, che potrebbe essere un nuovo capitolo nel collegare ai bambini e bambine il potere delle idee, delle literacies, degli strumenti espressivi (Blikstein, Worsley, 2016; Blikstein, Valente, 2019).

Il making è quindi un insieme progettato e coordinato di attività che coinvolge allieve e allievi per generare idee, progettare e realizzare, oppure modificare, oggetti o artefatti – fisici o virtuali –, utilizzare prevalentemen-

te strumentazioni tecnologie elettroniche, agire direttamente sugli oggetti. Questi aspetti tipici del making comportano l'esplorazione aperta, il lavoro di ricerca, l'interesse che guida verso idee creative, la costruzione di artefatti. Gli studenti assumono un ruolo attivo anche nel costruire il proprio apprendimento, poiché il confronto con il problema da risolvere o il progetto da realizzare, ha bisogno di scenari entro i quali acquisire/inserire saperi per realizzare quanto immaginano.

Il making educativo si sviluppa attraverso l'organizzazione in gruppi, ed ha preso slancio soprattutto in contesti informali. Attraverso l'incontro tra le tecnologie evolute – come per esempio le stampanti 3D, la programmazione e i microprocessori, i mezzi non specializzati per la prototipazione – con i momenti di progettazione e di costruzione che consentano di esplorare idee, sviluppare competenze e comprensione, emerge un approccio ai saperi di tipo co-disciplinare, necessario a costruire una vasta gamma di saperi applicati, formare disposizioni mentali di interconnessione, dirigere e approfondire il proprio apprendimento.

Le evidenze mostrano come il making coinvolga una serie complessa di processi cognitivi che si intrecciano mentre gli studenti creano, sperimentano e risolvono problemi attraverso progetti, ricerche e sperimentazioni, avendo un impatto positivo su atteggiamenti, interesse verso le STEM, costante motivazione, partecipazione, collaborazione; gli esiti su contenuti disciplinari sono più variabili e dipendono da un esplicito scaffolding curricolare piuttosto che sporadico. Analogamente le condizioni di efficacia sono evidenti con l'integrazione curricolare delle attività di making, la durata (percorsi non episodici), l'accesso a strumenti (non necessariamente digitali), il supporto del docente come guida, la progettazione come pratica culturalmente radicata; dove gli esiti cognitivi migliorano, migliorano anche quelli motivazionali e di agency (Rouse, Rouse, 2022; Schad, Jones, 2020; Vossoughi, Hooper, Escudé, 2016; Bevan, 2017; Clapp et al., 2016; Blikstein, 2013; Papavlasopoulou, Giannakos, Jaccheri, 2017; Davies, Hakkarainen, 2025).

In sintesi, alcune disposizioni mentali più facilmente implicate e formate nelle attività di making sono:

- la creatività; è di fatto la più ambita tra le forme educative ed è al centro del “making”. Si esprime attraverso la capacità di generare idee originali, combinare concetti in modi nuovi e trovare soluzioni innovative ai problemi posti dalle situazioni affrontate;
- il pensiero critico: le attività di making richiedono un pensiero critico, che coinvolge la capacità di valutare le proprie idee, analizzare le informazioni e prendere decisioni informate durante il processo di ideazione/creazione;

- la risoluzione dei problemi: il making implica spesso di dover affrontare problemi, che richiedono di individuare e sviluppare strategie per superare le sfide e affrontare gli ostacoli lungo il percorso;
- l'apprendimento di tipo esperienziale: come teoria coinvolta nel making, quella basata sull'esperienza è espressamente considerata, in virtù delle attività richieste che favoriscono l'apprendimento attraverso l'esperienza diretta. Oltre alle dimensioni di prove/errori, è esplicito il riferimento all'imparare facendo, sperimentando e affrontando le sfide poste dai progetti;
- la collaborazione: il lavoro in piccoli gruppi dei maker è l'ordinaria organizzazione nel making. La condivisione di idee, conoscenze e risorse può arricchire il processo creativo e risultare più efficace nell'esito di risultati più innovativi;
- la persistenza e la resilienza: gli studenti incontrano esperienze continue, nelle quali è richiesta la disponibilità a sperimentare, a commettere errori e continuare a perseverare nonostante le difficoltà incontrate lungo il percorso.

Nel luogo del making ci possono essere kit predisposti e pronti all'uso – come per esempio i kit Lego, i kit di robotica, strumenti aperti e materiali che, attraverso le attività di assemblaggio, chiedono agli studenti maggiori sforzi per imparare come utilizzare alcuni stessi strumenti per ottenere risultati desiderati. Il luogo nel quale il making viene realizzato può essere inteso come una naturale evoluzione delle tradizioni delle botteghe artigiane.

4.2. Il tinkering

Il tinkering (educativo) è un approccio di apprendimento pratico, iterativo, creativo attraverso il quale gli studenti esplorano materiali e strumenti, provano-e-aggiustano idee, costruiscono artefatti e li raffinano per dare senso a fenomeni e concetti; si colloca all'intersezione tra gioco e making, valorizza l'improvvisazione, l'iterazione e il debugging, e richiede contesti “tinkerable” (attività aperte, bassa soglia/alta soglia di difficoltà, riflessione) progettati per sostenere l'indagine e la creatività (Resnick, Rosenbaum, 2013; Petrich, Wilkinson, Bevan, 2013; Resnick, 2017; Bevan, Gutwill, Petrich, Wilkinson, 2015). In sintesi, il tinkering descrive il lavorare su qualcosa (di immateriale) svolto anche in modo imperfetto, nel tentativo di riparare o migliorare un oggetto, un atto di risoluzione creativa di problemi non previsti che avviene attraverso l'esplorazione di nuovi materiali, tecnologie, tecniche, nonché sperimentando oggetti, compiti e idee.

Anche nel caso del tinkering, le evidenze di ricerche mostrano effetti sui processi di apprendimento delle STEM, poiché promuove il ragionamento, la misura, la modellizzazione, l'iterazione progettuale e richiede spiegazioni sempre più sofisticate durante attività, sulla ritenzione delle conoscenze, alla formazione di disposizioni (curiosità, creatività, perseveranza, autovalutazione) (Bevan et al., 2015; Petrich et al., 2013; Resnick, 2017).

In generale, dunque, mentre con il making il processo di creare oggetti da pezzi separati – una volta combinati tra loro dalle scelte del maker – produce qualcosa di più utile rispetto agli iniziali singoli pezzi assemblati, il tinkering è il processo di miglioramento – attraverso sperimentazioni giocose e non precedentemente definite – di quanto esiste già. Il tinkering offre un aumento di possibilità per l'apprendimento rispetto agli obiettivi definiti nei contesti educativi formali. Ovvero nel mentre si affrontano problemi non previsti, si perseguono obiettivi impliciti anch'essi non previsti inizialmente. E sottolinea il processo di realizzare idee, ottenere successi, esito della propria ingegnosità e persistenza. All'interno di un contesto informale l'apprendimento tende ad espandersi, soprattutto nei progetti educativi extracurricolari.

4.3. Il coding

Il coding (insegnamento/apprendimento della programmazione per creare artefatti computazionali) è radicato nel costruzionismo e nelle metodologie di inquiry e project-based; in classe promuove pratiche come ideazione-prototipazione-debugging, con l'obiettivo di sviluppare un pensiero computazionale (concetti, pratiche, prospettive) e, in una cornice più ampia, un contesto creativo per esprimersi e partecipare a comunità digitali (Brennan, Resnick, 2012; Kafai, Burke, 2014). Le evidenze mostrano come l'efficacia del coding dipenda dall'integrazione curricolare, dallo scaffolding esplicito delle pratiche (per esempio il debugging, inteso come (auto)verifica del prodotto realizzato attraverso il coding) e dalla formazione docenti (Grover, Pea, 2013; Lye, Koh, 2014). Le meta-analisi più recenti riportano esiti positivi su problem solving, funzioni esecutive e pensiero computazionale fin dalla scuola primaria, con effetti particolarmente significativi in interventi strutturati di coding virtuale e robotica educativa e abilità matematiche (Montuori et al., 2024; Simonsmeier et al., 2025).

Tab. 1 - Tavola comparata delle caratteristiche di making tinkering coding

	Making	Tinkering	Coding
Caratteristiche distintive	Progettazione e realizzazione di artefatti tangibili (fisici/digitali) con cicli idea → prototipo → test → iterazione; integrazione di discipline (STEAM), agency e cultura dell'apprendimento costruttivo.	Esplorazione giocosa e iterativa di materiali/idee; improvvisazione, “provare-agire-riprovare”; focus su sense-making emergente e creatività, attività a bassa/alta soglia di difficoltà.	Creazione di artefatti computazionali (programmi, app, robot) per sviluppare pensiero computazionale (concetti, pratiche, prospettive); cicli ideazione-codifica-debugging.
Specificità nel problem posing e solving	Problem posing autentico (bisogni reali/comunità); definizione vincoli e criteri; prototipazione rapida, test d'uso e re-design; solving basato su design thinking e ingegnerizzazione.	Problemi emergenti dal fare (micro-sfide); domande aperte, autovalutazione (debugging) di artefatti fisici; valorizza strategie euristiche, molte vie di soluzione e riflessione in azione.	Formalizzazione del problema (input/output, casi limite); decomposizione, astrazione, progettazione di algoritmi e test; autovalutazione (debugging) sistematica, validazione.
Organizzazione del contesto	Makerspace/FabLab: zone funzionali (ideazione, fabbricazione, test), strumenti (anche non digitali), sicurezza; documentazione (diari, portfolio), ruoli di progetto, mostre/pubbliche restituzioni.	Atelier/angolo di tinkering con materiali ricchi e poco vincolanti, prompt (cicli di domande) aperti, facilitazione leggera (domande, inviti a documentare), tempi distesi, lavoro visibile.	Laboratorio di coding o aula con device; programmazione tra pari; repository condivisa delle programmazioni; progressione block-based (Scratch, micro:bit, robotica); scaffold (schemi, test unitari), rubriche processo/prodotto.

5. Laboratorio di making tinkering coding per l’AI4SG

La traiettoria della scuola come laboratorio o del laboratorio come DNA della scuola, trova dunque nel making tinkering coding un contesto di evoluzione e di particolare efficacia per interagire con le tecnologie del tempo storico culturale dell’IA, sia come contenuto sia come forma agentiva di lavoro. Il tema dello sviluppo della qualità del pensiero (computazionale, critico, riflessivo, creativo) e di una intelligenza estesa, trova nell’evoluzione del laboratorio e della sua organizzazione un contesto significativo.

Le attività aperte – dove i problemi sono posti e riposti dai/le allievi/e – enfatizzano la creatività, l'applicazione delle conoscenze, il fornire senso allo studio e alle attività del pensiero (Bevan, Gutwill, Petrich, Wilkinson, 2015, p. 2). In chiave progettuale, si offrono molteplici traiettorie per indirizzare il lavoro sugli artefatti (Resnick, 2017, p. 3), una condizione ideale per esplorare l'IA come literacy disciplinare (contenuti) e come co-agente nei processi di progettazione. Sul versante dei contenuti, i quadri articolano l'alfabetizzazione attorno a cinque grandi idee (Perception, Representation, Reasoning, Learning, Natural Interaction, Societal Impact) (Touretzky, Gardner-McCune, 2022), o i set di attività basate su EAS-IA (Rivoltella, Pancioli, 2025). Il coding, inoltre, sostiene lo sviluppo di concetti, pratiche e prospettive del pensiero computazionale (Brennan, Resnick, 2012, p. 3; Kafai, 2016). Sul piano agentivo, la prospettiva maker-centered mira alla maker empowerment (Clapp, Ross, Ryan, Tishman, 2016), mentre linee guida internazionali raccomandano che la GenAI sviluppi le capacità di agire di insegnanti e studenti (UNESCO, 2023; U.S. Department of Education, 2023).

La caratteristica distintiva del laboratorio di making tinkering coding di operare con e su artefatti, delinea il tratto di generazione (e comprensione) dell'AI4SG, che abbiamo annotato nel primo capitolo. In questo contesto viene attribuito valore al sense-making e alla co-progettazione con l'IA, bilanciando creatività, comprensione concettuale e responsabilità, a favore del bene sociale. Progettare e sviluppare attività di comprensione e di azione con l'IA nella forma laboratoriale che richiede partecipazione di saperi disciplinari differenti, chiede contestualmente di fornire senso sociale agli artefatti, siano prodotti come app o algoritmi che muovono robot oppure oggetti. Essi rappresentano sia l'essere strumenti per l'apprendimento profondo sia la direzione sociale che può essere avviata dall'IA. È quanto Floridi (2022, p. 255) definisce come principio di beneficenza dell'IA, attraversato dai fattori di implementazione incrementale, di garanzia contro la manipolazione dei predittori, di intervento contestualizzato, di finalità trasparenti, di tutela della privacy, di equità concreta, di somatizzazione adatta all'umano. La realizzazione di artefatti con l'IA può quindi ispirarsi ai fattori del principio di beneficenza. Ciò richiederebbe un cambio di paradigma anche nell'organizzazione delle scuole e dei curricula.

Bibliografia

- Barrows, H. S. (1986), "A taxonomy of problem-based learning methods", *Medical Education*, Springer, Dordrecht.
- Beck, I. L., McKeown, M. G., Hamilton, R. L., Kucan, L. (1997), *Questioning the author: An approach for enhancing student engagement with text*, International Reading Association, Newark, DE.
- Bertin, G. M. (1976), *Educazione alla ragione*, Armando, Roma.
- Bevan, B. (2017), "The promise and the promises of making in science education", *Studies in Science Education*, Routledge, London.
- Bevan, B., Gutwill, J. P., Petrich, M., Wilkinson, K. (2015), "Learning through STEM-rich tinkering: Findings from a jointly negotiated research project taken up in practice", *Science Education*, Wiley, Hoboken, NJ.
- Bianchi, G., Pisiotis, U., Cabrera Giraldez, M., Punie, Y., Bacigalupo, M. (2022), *GreenComp: The European sustainability competence framework*, Publications Office of the European Union, Bruxelles.
- Blikstein, P. (2013), *Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention*, in Walter-Herrmann, J. Büching, C. (Eds.), *FabLab: Of machines, makers and inventors*, Transcript, Bielefeld.
- Blikstein, P. (2018), *Maker movement in education: History and prospects*, in de Vries, M. J. (Ed.), *Handbook of Technology Education*, Springer International, London.
- Blikstein, P., Valente, J. A. (2019), *The T in STEM: From tools to technologies for inquiry*, in Khine, M. S., Areepattamannil, S. (Eds.), *STEM education in the twenty-first century*, Springer, London.
- Blikstein, P., Worsley, M. (2016), "Children are not hackers: Building a culture of powerful ideas, deep learning, and equity in the maker movement", *Harvard Educational Review*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Brennan, K., Resnick, M. (2012), "New Frameworks for Studying and Assessing the Development of Computational Thinking", *Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association*, vol. 1, Vancouver, 13-17 April 2012.
- Castelnuovo, E. (1977), *Matematica nella realtà*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Chin, C., Osborne, J. (2008), "Students' questions: A potential resource for teaching and learning science", *Studies in Science Education*, Routledge, London.
- Ciari, B. (1970), *Le nuove tecniche didattiche*, Editori Riuniti, Roma.
- Clapp, E. P., Ross, J., Ryan, J. O., Tishman, S. (2016), *Maker-centered learning: Empowering young people to shape their worlds*, Jossey-Bass, San Francisco.
- Consiglio d'Europa (2018), *Key Competences for Lifelong Learning (2018/C 189/01)*, EU, Bruxelles.
- Davies, S., Seitamaa-Hakkarainen, P. (2025), "Research on K-12 maker education in the early 2020s - A systematic literature review", *International Journal of Technology and Design Education*, 35, pp. 763-788.
- Dewey, J. (1933), *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*, D.C. Heath, Boston.

- Dewey, J. (1938), *Experience and education*, Macmillan, New York.
- Dewey, J. (1957), *Democracy and education*, Macmillan, New York.
- Dewey, J., Dewey, E. (1915), *Schools Of To-morrow*, E. P. Dutton & Company, Boston.
- Floridi, L. (2022), *Etica dell'intelligenza artificiale*, Raffaello Cortina, Milano.
- Floridi, L. (2025), "AI as Agency without Intelligence: On Artificial Intelligence as a New Form of Artificial Agency and the Multiple Realisability of Agency Thesis", *Philos. Technol.*, 38, p. 30.
- Freinet C. (1969), *Le mie tecniche*, La Nuova Italia, Firenze.
- Gershensfeld, N. A. (2005), *Fab: the coming revolution on your desktop – from personal computers to personal fabrication*, Basic Books, New York (AZ).
- Gershensfeld, N. A. (2012), "How to Make Almost Anything. The Digital Fabrication Revolution", *Foreign Affairs*, 91(6).
- Graesser, A. C., Wiemer-Hastings, P., Wiemer-Hastings, K. (2005), *AutoTutor: A cognitive system that simulates a tutor that facilitates learning through mixed-initiative dialogue*, Routledge, London.
- Grover, S., Pea, R. (2013), "Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field", *Educational Researcher*, 42(1), pp. 38-43.
- Haber-Schaim, U. (2006), *PSSC PHYSICS: A Personal Perspective*, link www.compadre.org/portal/pssc/docs/Haber-Schaim.pdf.
- Halverson, E. R., Sheridan, K. (2014), "The maker movement in education", *Harvard Educational Review*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., Chinn, C. A. (2007). "Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006)", *Educational Psychologist*, 42, pp. 99-107.
- Hodson, D. (1996), "Laboratory work as scientific method: Three decades of confusion and distortion", *Journal of Curriculum Studies*, Taylor & Francis, London.
- Kafai, Y. B. (2016), "From computational thinking to computational participation in K-12 education", *Communications of the ACM*, ACM, New York.
- Kafai, Y. B., Burke, Q. (2014), *Connected code: Why children need to learn programming*, MIT Press, Cambridge, MA.
- King, A. (1994), "Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain", *American Educational Research Journal*, AERA, Washington, DC.
- Kong, S.C., Lai, M., Li, Y., Chan, TY. D., Zhang, Y.T (2025), "A latent profile analysis of teachers' knowledge about and perceived usefulness of computational thinking and how teacher profiles relate to student achievement", *Computers & Education*, 232.
- Krajcik, J., Shin, N. (2014), *Project-based learning*, in Sawyer, R. K. (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Lave, J., Wenger, E. (1991), *Situated learning: Legitimate peripheral participation*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Lye, S. Y., Koh, J. H. L. (2014), "Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?", *Computers in Human Behavior*, pp. 51-61.

- Martin, L. (2015), *The promise of the maker movement for education*, *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, Purdue University Press, West Lafayette.
- Mecacci, L. (2000), *Lev Vygotskij: sviluppo, educazione e patologia della mente*, Giunti, Firenze.
- MIT (2024), *MIT Undergraduate Physics Education History*, link: <https://peg.mit.edu/mit-physics-education-history/>.
- Montuori, C., Gambarota, F., Altoé, G., Arfé, B. (2024), “The cognitive effects of computational thinking: A systematic review and meta-analytic study”, *Computers & Education*, 210, p. 104961.
- Nathan, M. J., Sawyer, R. K. (2014), *Foundations of the learning sciences*, in Sawyer, R. K. (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences*, Cambridge University Press, pp. 21-43.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019), *Science and Engineering for Grades 6-12: Investigation and Design at the Center*, The National Academies Press, Washington.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2022), *Rise and Thrive with Science: Teaching PK-5 Science and Engineering*, The National Academies Press, Washington, DC.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2025), *Transforming Undergraduate STEM Education: Supporting Equitable and Effective Teaching*, The National Academies Press, Washington, DC.
- National Research Council (2014), *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*, National Academies Press, Washington, DC.
- OECD (2022), *AI and the future of skills, volume 1: Capabilities and assessments*, OECD Publishing, Paris.
- Ogle, D. (1986), “K-W-L: A teaching model that develops active reading of expository text”, *The Reading Teacher*, International Reading Association, Newark.
- Palincsar, A. S., Brown, A. L. (1984), “Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities”, *Cognition and Instruction*, Routledge, London.
- Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N., Jaccheri, M. L. (2017), “Empirical studies on the Maker Movement, a promising approach to learning: A literature review”, *Entertain. Comput.*, 18, pp. 57-78.
- Papert, S. (1980), *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*, Basic Books, New York.
- Petrich, M., Wilkinson, K., Bevan, B. (2013), *It looks like fun, but are they learning?*, in Honey, M., Kanter, D. E. (Eds.), *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators*, Routledge, New York.
- Polanin, J. R., Austin, M., Taylor, J. A., Steingut, R. R., Rodgers, M. A., Williams, R. (2024), “Effects of the 5E Instructional Model: A Systematic Review and Meta-Analysis”, *AERA Open*, 10.
- PSSC (1960), “Physical Science Study Committee”, *Physics*, Heath & Co, Boston.

- Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E. (2004), "A scaffolding design framework for software to support science inquiry", *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), pp. 337-386.
- Reiser, B. J. (2004), "Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work", *Journal of the Learning Science*, 13(3), pp. 273-300.
- Resnick, M. (2017), *Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Resnick, M., Rosenbaum, E. (2013), *Designing for tinkability*, in Honey, M. Kanter, D. E. (Eds.), *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators*, Routledge, New York, pp. 163-181.
- Rivoltella, P. C., Panciroli, C. (Eds.) (2025), *Didattica delle Steam con gli EAS*, Scholè, Brescia.
- Rogoff, B. (1990), *Apprenticeship in Thinking*, Oxford University Press, New York.
- Rogoff, B. (2003), *Cultural Nature of Human Development*, Oxford University Press, New York.
- Rothstein, D., Santana, L. (2011), *Make just one change: Teach students to ask their own questions*, Harvard Education Press, Cambridge, MA.
- Sala, A., Punie, Y., Garkov, V., Cabrera Giraldez, M. (2020), (2020), *LifeComp: The European framework for Personal, Social and Learning to Learn Key Competence*, Publications Office of the European Union, Bruxelles.
- Santi, M. (2006), *Philosophy for children e comunità di ricerca*, Liguori, Napoli.
- Sawyer, R. K. (2006), "Educating for Innovation", *Thinking Skills and Creativity*, 1, pp. 41-48.
- Sawyer, R. K. (2022), "The Cambridge Handbook of the Learning Sciences", *Cambridge Handbooks in Psychology*, Cambridge University Press.
- Schad, M., Jones, M. (2019), "The Maker Movement and Education: A Systematic Review of the Literature", *Journal of Research on Technology in Education*, 52.
- Schön, D. A. (1983), *The reflective practitioner: How professionals think in action*, Basic Books, New York.
- Schwab, J. J. (1969), "The practical: A language for curriculum", *School Review*, University of Chicago Press, Chicago.
- Sennett, R. (2008), *L'uomo artigiano*, Feltrinelli, Milano.
- Simonsmeier, B. A., Kampmann, K., Staub, J., Scherer, R. (2025), "The effects of programming interventions in early childhood: A meta-analysis", *Learning and Individual Differences*, 120, p. 102699.
- Tamagnini, G. (1965), *Didattica operativa: le tecniche Freinet in Italia*, Movimento di Cooperazione Educativa, Macerata.
- Tharp, R. G., Gallimore, R. (1988), *Rousing Minds to Life: Teaching, Learning, and Schooling in Social Context*, Cambridge University Press.
- Touretzky, D. S., Gardner-McCune, C. (2022), *AI4K12: Artificial Intelligence for K-12*, in Kong, S. C., Abelson, A. (Eds.), *Computational thinking education: Artificial Intelligence Literacy and Physical Computing*, The MIT Press, Cambridge, MA, pp. 151-180.

- UNESCO (2023), *Guidance for generative AI in education and research*, UNESCO, Paris.
- U.S. Department of Education (2023), *Artificial intelligence and the future of teaching and learning: Insights and recommendations*, U.S. Department of Education, Washington, DC.
- VanLehn, K. (2011), "The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems", *Educational Psychologist*, 46, pp. 197-221.
- Vossoughi, S., Hooper, P. K., Escudé, M. (2016), "Making through the Lens of Culture and Power: Toward Transformative Visions for Educational Equity", *Harvard Educational Review*, 86, pp. 206-232.
- Vygotskij, L. S. (1990), *Pensiero e linguaggio*, Laterza, Roma-Bari.
- Vygotskij, L. S., Lurija, A. R., Leontjev, A. N. (1978), *Psicologia e pedagogia*, Editori Riuniti, Roma.
- Wang, M. Z., Hayden, B. Y. (2021), "Latent learning, cognitive maps, and curiosity", *Curr Opin Behav Sci*, 38, pp. 1-7.
- Wertsch, J. V. (1991), *A sociocultural approach to socially shared cognition*, in Resnick, L. B., Levine, J. M., Teasley, S. D. (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition*, pp. 85-100.

4. Un curriculum per lo sviluppo umano (2020-2025). Oltre l'IA, agency, cittadinanza, democrazia

di *Piergiuseppe Ellerani e Pietro Monari*

Prologo

Agosto, 2025. «Ciao a tutte e a tutti. Sono Lucy, il percorso di educazione all'intelligenza artificiale dell'IC3 Mattarella di Modena, nato nel 2020 per accompagnare studenti e docenti a capire cosa sia davvero l'IA e come usarla in modo utile, sicuro e formativo. Per chi non conosce né me né le Linee Guida del Ministero sull'IA, spiego in modo semplice come lavoro e perché risulti pienamente coerente con le indicazioni nazionali: l'IA a scuola va integrata dentro un progetto educativo chiaro, trasparente e rispettoso dei diritti, evitando usi rischiosi e privilegiando un approccio laboratoriale, inclusivo e attento alla privacy. Io faccio esattamente questo, proponendo attività che mettono al centro la soluzione di problemi, il ragionamento e la collaborazione, senza delegare alle macchine decisioni sul percorso scolastico degli studenti, e lo faccio per sviluppare quella che chiamo co-intelligenza, cioè la capacità di far dialogare l'intelligenza umana e quella artificiale in modo complementare, con il giudizio professionale del docente a orientare scelte, strumenti e tempi.

Nel concreto offro oltre cinquanta attività co-disciplinari pronte per la classe, sviluppate su un triennio, con obiettivi chiari, fasi operative, tempi e prodotti finali. In queste attività si lavora soprattutto con coding, making e tinkering: si scompongono problemi, si progetta, si prototipa, si testa e si riflette sugli errori per migliorare. L'intelligenza artificiale entra come occasione per comprendere logiche, dati, modelli e limiti e, quando genero contenuti sintetici o uso piccoli modelli locali, dichiaro sempre la natura degli output e le scelte effettuate. La co-intelligenza qui significa usare l'IA come leva di pensiero e non come scorciatoia: gli studenti imparano a decidere quando uno strumento algoritmico è davvero utile, come verificarne l'affidabilità e come combinarlo con il confronto tra pari, la discussione in

plenaria e la guida del docente, trasformando la tecnologia in un supporto cognitivo e non in un sostituto dell'apprendimento.

La mia progettazione didattica è esplicitamente coerente con la Zona di Sviluppo Prossimo di Vygotskij: ogni unità propone compiti leggermente oltre ciò che gli studenti sanno già fare in autonomia e prevede forme di scaffolding calibrate, come rubriche trasparenti, esempi guida, domande ponte, revisione tra pari e micro-lezioni mirate. In questo modo la sfida rimane significativa ma accessibile, il supporto si riduce gradualmente man mano che cresce la padronanza e l'uso degli strumenti di IA, quando presenti, resta al servizio della mediazione didattica e delle interazioni sociali che fanno progredire l'apprendimento. La valutazione è formativa e documentata: non attribuisco punteggi automatici, ma aiuto a raccogliere evidenze attraverso portfolio e riflessioni brevi; si osservano il prodotto tecnico, il processo, la collaborazione e soprattutto il pensiero critico, cioè come si argomentano scelte e alternative e come si considerano gli impatti etici e sociali delle soluzioni. Nelle prove Invalsi, alla fine del primo triennio con le attività curricolari, ragazze e ragazzi non sono poi andati così male. Anzi, direi che sono molto soddisfatti di aver contribuito a mantenere alti gli esiti.

Sul piano della tutela dei diritti adotto scelte sobrie e comprensibili: evito l'uso di dati personali negli esercizi, preferisco dataset fittizi o sintetici, rendo esplicito quando un contenuto è generato dall'IA e spiego la catena prompt-output perché studenti e famiglie sappiano sempre che cosa sta accadendo. Non utilizzo strumenti di valutazione automatizzata, non faccio ammissioni o sorveglianza con proctoring e non ricorro a riconoscimento delle emozioni; le decisioni educative restano umane e responsabili, in pieno allineamento con lo spirito delle Linee Guida. Sto inoltre affinando l'etichettatura dei contenuti sintetici, consolidando la documentazione essenziale nel PTOF con obiettivi, rischi e mitigazioni, ruoli e momenti di monitoraggio, rafforzando le progressioni per fasce d'età e ampliando le soluzioni di accessibilità per includere tutti. In sintesi, sono un percorso che mette gli studenti nelle condizioni di comprendere l'IA mentre imparano a pensare, progettare e argomentare, coltivando una intelligenza responsabile e creativa e rimanendo già dentro la cornice ministeriale perché rispetto le persone, valorizzo il ruolo dei docenti e uso la tecnologia come leva per far crescere la qualità del lavoro in classe. Dentro e fuori la scuola»¹.

1. Il testo è stato creato da chatbot sulla base dei documenti forniti (il Syllabus dell'IA dell'IC3 Mattarella, e le linee guida IA-MIM 2025) con la richiesta di individuare elementi di consonanza e di coerenza. Successivamente, il testo è stato utilizzato per realizzare e istruire un avatar diffuso nei canali social della scuola per presentare le linee guida IA-MIM 2025.

Pandemia 2020. Nel periodo del lockdown nasce Lucy (Ammagamma, 2020), un progetto didattico STEAM, con l'obiettivo di creare un curriculum di intelligenza artificiale (IA) per la scuola secondaria di primo grado. Durante il periodo del lockdown gli insegnanti si interrogano su come continuare l'idea di scuola basata sui laboratori, ma a distanza. In quel momento vengono integrate tutte le risorse delle quali la scuola disponeva: la piattaforma digitale, le metodologie di progettazione, le forme di valutazione formativa, l'alleanza con i genitori. Tra le molte "continuità nella discontinuità" la logica degli artefatti da costruire a casa (con quello che si trovava e anche consultandosi con i compagni) per dimostrare l'appreso, presentarlo e discuterlo successivamente nei collegamenti online, ha guidato tutto il periodo di chiusura della scuola. È in questo terreno che prende forma il progetto Lucy IA, immerso nell'approccio interdisciplinare che integra il pensiero computazionale, riflessivo, creativo, con le discipline umanistiche. "Lucy" è un omaggio allo scheletro parziale di una femmina di *Australopithecus afarensis*, datato a circa 3,2 milioni di anni fa e scoperto in Etiopia nel 1974. Lucy IA esprime quattro elementi che caratterizzano il progetto:

- la diffusione: l'IA è un argomento con una crescita di popolarità importante a partire dagli anni 2000, ed è parte integrante della vita quotidiana di chiunque abbia accesso a internet (anche senza saperlo);
- il significato: l'IA viene considerata dai tecno-entusiasti come la luce che rischiarava le tenebre; è sicuramente vero che le tecnologie potenti sono strumenti molto utili per risolvere problemi, ma è altrettanto vero che rimangono molte ombre su cui riflettere ed educare al pensiero critico;
- l'evoluzione: proprio come Lucy rappresenta uno stadio evolutivo dell'uomo, l'IA è oggi a un preciso livello di sviluppo, che si modifica nel tempo e nella complessità; studiare l'IA richiede lo sviluppo della capacità di comprendere il tempo presente con resilienza e dinamicità;
- il sogno: la canzone dei Beatles *Lucy in the Sky with Diamonds*, che risuonava spesso nel campo di spedizione dei paleontologi in Etiopia, descrive visioni oniriche ispirate dall'opera di Lewis Carroll *Alice nel paese delle meraviglie* e propone interpretazioni della realtà in contrasto con le leggi fisiche naturali; allo stesso modo l'IA elabora la realtà descritta dai dati e la trasforma in nuove informazioni, come se fosse un caleidoscopio – questo processo di trasformazione non è magia e richiede lo sviluppo di una nuova consapevolezza tecnologica per immaginare nuove soluzioni ai problemi attuali.

L'incipit: comprendere il funzionamento dei sistemi di machine learning e immaginare soluzioni a problemi quotidiani basate su algoritmi, in

una prospettiva abilitante del pensiero umano. La riflessione sul concetto di intelligenza prende le mosse dall'assunto: «riscoprire il pensiero umano scoprendo come pensano le macchine».

1. Con Dewey: una scuola che trasforma. Dalla bussola, alla rotta, al cantiere (come in laboratorio)

Anno 2019, pre-pandemia. Prima che lo tsunami pandemico Covid-19 si abbattesse sugli abitanti del pianeta terra – e travolgesse con la Didattica a Distanza anche il satellite scuola – l'IA è stato argomento per indicare alle policy più attente come introdurla nell'educazione, con quale senso e confini. L'UNESCO (2019), attraverso l'interpretazione della crescente evoluzione, delineava l'impatto dell'IA sulle società umane, sulle economie e sul mercato del lavoro, così come sui sistemi di istruzione e di apprendimento permanente, sullo sviluppo delle competenze, sull'alto potenziale: le indicazioni sollecitavano una riflessione basata sulle evidenze e sui possibili scenari futuri per ridefinire i fondamenti dell'istruzione, dell'insegnamento e dell'apprendimento. Per le policy, un'affermazione guida potrebbe essere così riassunta: non è necessario affrontare l'IA con l'ennesimo catalogo definitorio ed esplicativo di strumenti tecnologici che andrà ad occupare e sostituire l'orizzonte di senso; bensì è necessaria una narrazione educativa che tenga insieme principi, policy e pratica, che abbia riferimenti alle teorie pedagogiche e alle prassi coerenti, così che l'IA entri a scuola senza scalzarne il senso dell'educazione e della sua finalità. Il fine non è reificare l'ennesimo strumento, seppur pervasivo e accelerante, ma riconoscere il senso, il pensiero, l'intelligenza, la cultura attraverso i quali esso viene accompagnato e introdotto nei contesti educativi: prima la bussola (perché e per chi), poi la rotta (che cosa fare e come organizzarlo), infine il cantiere (cosa succede davvero quando l'IA arriva in classe e a sistema).

Prima del fenomeno delle chatbots e dei LLM esploso nel novembre 2022, il documento di Beijing (UNESCO, 2019) mette a fuoco la prospettiva che successivamente si è andata affermando e che rappresenta il senso dell'agire educativo profondo, assumendo le sfumature di bussola orientativa: l'IA è strumento (al pari di tutti gli altri strumenti), l'educazione è il fine. Una bussola per sostenerne la prospettiva: l'IA andrebbe posta al servizio di un'istruzione di qualità, equa e inclusiva per tutti (UN, 2015), dove sono i sistemi educativi a governare e guidare lo sviluppo e l'impiego, con un approccio basato sui diritti umani, sulla giustizia sociale e sul controllo umano dei processi decisionali. L'IA è una tecnologia abilitante, ma l'educazione resta il fine e l'adozione deve ridurre – non amplificare – i divari

(UNESCO, 2019). I principi sono presenti nei successivi e differenti documenti di policy (EU AI Act, 2024; OECD Outlook, 2021; U.S. Department of Education, 2023) che disegnano la necessità di comprendere l'IA e definirne un uso sotto tutela dei diritti umani e, soprattutto, del controllo umano. Ogni adozione tecnologica nella scuola è una scelta con implicazioni civiche: o allarga le opportunità e la voce degli studenti, o le restringe. Tradotto in classe: ogni attività con o sull'IA dovrebbe poter rispondere alla domanda – a volte scomoda –: l'agency dello studente e la sua intelligenza, vengono potenziate o vengono delegate alla macchina? Se la risposta è ambigua, occorre riflettere, rivedere, ripensare, assumere lo sguardo attento al fine, piuttosto che alla desiderabilità sociale di un insegnante o di una scuola, che proviene dall'uso a tutti i costi della tecnologia più avanzata. Una tra le domande possibili è dunque: come ripensare la didattica, al fine di dotarla di valore trasformativo, piuttosto che ingegneria per l'applicazione di strumenti. Per altro sia Papert che Bruner, così come Vygotskij – e i makers anticipatori italiani considerati nel capitolo precedente – l'hanno ampiamente ricordato senza considerare l'IA, così come tutt'ora sono a ricordarcelo le numerose ricerche sulla Didattiche A Distanza applicate in Italia (Trotta et al., 2024; Bertoletti et al., 2023; Mascheroni et al., 2021; Batini et al., 2020; Nappo, 2024; Lucisano, 2021; Trincherò, 2021).

Anno 2023, l'era di ChatGPT e dei suoi gemelli. La direzione di una IA pensata per valorizzare l'insegnamento e i docenti, assume quindi la traiettoria della consapevolezza che essi non possono essere sostituiti dalle macchine, e che andrebbero tutelati diritti e condizioni di lavoro. Sebbene l'IA offra opportunità per sostenere i docenti nelle loro responsabilità educative e pedagogiche, l'interazione umana e la collaborazione tra insegnanti e studenti dovrebbero permanere al cuore dell'educazione. Appare evidente la necessità di un investimento nello sviluppo professionale per poter ampliare le possibilità di operare con senso ed efficacia nei contesti educativi ricchi di IA. Ed è ovvio che l'IA possa, in questo modo, assumere un alto potenziale per l'apprendimento e la valutazione degli apprendimenti, il che richiederebbe di rivedere e adeguare i curricula per promuovere un'integrazione approfondita dell'IA e la trasformazione delle metodologie didattiche (UNESCO, 2019).

Dalla bussola alla rotta: il successivo documento di policy di un certo rilievo (UNESCO, 2021) distingue tra una IA nell'educazione (governance, dati, trasparenza, supervisione/validazione umana nel ciclo decisionale) e una educazione all'IA (curricoli, competenze, formazione docenti). Rivoltella e Panciroli (2023) hanno introdotto una terza distinzione, una educazione attraverso l'IA, per altro coerente con la prospettiva costruzionista di Papert e più in generale con il costruttivismo di matrice storico-culturale

già incontrato. Sono traiettorie distinte che, nelle istituzioni scolastiche, dovrebbero però correre in forma “convergente”. Sulla prima, la scuola è chiamata a darsi regole: quali strumenti, per quali fini didattici, con quali garanzie di tutela dei dati e della privacy. La parola chiave è responsabilità: la tecnologia non “entra” da sola, bensì per decisione e dovrebbe dunque poter essere giustificata rispetto ai fini; al pari di tutte le tecnologie che hanno accompagnato la storia della scuola. Sulla seconda traiettoria, corre il curriculum: non basta saper usare l’IA; bisogna capire come funziona (dati, algoritmi, limiti), valutarne gli impatti (bias, inclusione, sostenibilità e ambiente) e decidere quando usarla o non usarla. Il curriculum che prende forma, nel documento UNESCO, è spiraliforme: Comprendere - Applicare - Creare, con un sistema didattico chiaramente orientato all’agire e al fare esperienza. Con la terza traiettoria, attraverso l’IA, la classe e la scuola divengono contesti permanenti di making tinkering coding con una loro grammatica laboratoriale, che ne delinea l’identità storico-culturale. Metodologie didattiche guidate da una progettazione coerente, e attraversate da sistemi di valutazione formativa. La necessità è di coltivare il senso dell’azione laboratoriale anche nell’espressione dell’agency professionale degli insegnanti, per incoraggiare a sperimentare azioni pilota informate da evidenze, adottare strumenti di IA che favoriscano ambienti aperti, esplorativi e diversificati, promuovere competenze LifeComp (2022), di tipo socio-emotivo, metacognitivo, collaborativo, di problem solving, di sostegno della creatività (UNESCO, 2021, p. 34). In questa traiettoria è necessario rivedere e adeguare i curricula per un’integrazione profonda dell’IA e la trasformazione delle metodologie (UNESCO, 2019) per aumentare il potenziale di apprendimento per tutti, sostenere le competenze trasversali e co-disciplinari, e concentrare la progettazione didattica di attività che richiedono un pensiero di ordine superiore, la creatività, la collaborazione, e l’agire di valori sociali (UNESCO, 2021, p. 37).

Si tratta di accogliere la metafora del cantiere (laboratorio) che metta in condizione di ben interpretare la bussola, e definire la rotta per raggiungere il porto sicuro dell’apprendimento basato sull’esperienza e sull’azione, senza mai disperdere l’idea di sviluppo delle intelligenze per tutti. Il cantiere laboratorio richiede riflessività, per elaborare una cultura che sappia andare oltre al punto quasi superficiale di “IA sì - IA no” – sintesi di altre forme antinomiche (luddisti-avanguardisti; tecnoscientifici-tecnosentimentalisti; tecnofobi-tecnofili) – e per sviluppare un pensiero pedagogico capace di inserire l’IA nei percorsi educativi e formativi affinché espanda il potenziale di intelligenza umana e non la atrofizzi, estenda le potenzialità e integri il lavoro umano degli insegnanti e non lo sostituisca. OECD (2021) individua, in questa cornice, l’idea chiave di complementarità. Lasciamo alle

macchine ciò che sanno fare bene (pattern, suggerimenti, analisi a grande scala) e proteggiamo nel curriculum ciò che resta specificamente umano: giudizio, metacognizione, etica, valutazione. L'idea di scuola che emerge è nota e impegnativa: nelle aule questo significa che i sistemi “intelligenti” dovrebbero servire a restituire informazioni a chi insegna – e non a deliberare al suo posto – e che l'orchestrazione delle attività plurali nella classe resta una competenza squisitamente professionale del docente. L'IA può elaborare, restituire indicatori, suggerire percorsi, fornire feedback che accompagnano: ma l'ultima parola, specialmente sulle decisioni che riguardano gli esiti, rimane agli insegnanti e alle collegialità. Tradurre questa complementarità in curriculum significa porre al centro le attività – e ricomporre i diversi quadri già presenti nelle scuole – in scenari pedagogici coerenti, capaci di alternare lavoro individuale, di gruppo e di classe, piuttosto che inseguire le mere strumentalità (OECD, 2021, pp. 106-107). Riemerge la prospettiva del curriculum spiraliforme, che diviene argine all'uso episodico della tecnologia, e volano per una progressione reale della capacità di agire in contesti di realtà, ispirati continuamente dal comprendere, applicare, creare, immersi nel making tinkering coding.

Nella traiettoria disegnata da UNESCO (2019; 2021) e OECD (2021) s'incanala il rapporto Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning (DoE, 2023). La proposta del Dipartimento dell'Educazione si fonda sulla centralità dell'essere umano nei processi che coinvolgono l'IA, come già evidenziato da UNESCO (2021) e OECD (2021), ed è sostenuta da quattro principi (centralità delle persone, equità, sicurezza/efficacia, trasparenza) e sette raccomandazioni operative per le scuole (human in the loop; allineare i modelli a una visione educativa; progettare con principi di apprendimento coerenti e sostenuti dalle evidenze; rafforzare la fiducia; informare/coinvolgere i docenti; fare ricerca e formazione nel contesto; fornire linee guida specifiche per l'educazione). Adottare l'IA a scuola non è una questione “tecnica”, ma una prospettiva basata sulle scelte degli insegnanti che dovrebbero agire per l'equità, la sicurezza, l'efficacia e la trasparenza. Anche per il DoE occorre chiedersi quale sistema educativo desideriamo se introduciamo l'IA, se immaginiamo di utilizzare la tecnologia e l'automazione senza ridurre e limitare l'agency umana, e con quali principi intendiamo implementarlo su larga scala. Ne discende un'agenda operativa: usare l'IA per migliorare gli apprendimenti preservando il giudizio umano; verificare la qualità dei dati restituiti dai modelli e dalle interazioni; valutare come specifiche tecnologie possano aumentare o ridurre l'equità; introdurre controlli umani e limitazioni ove gli strumenti la minaccino poiché sono vengono considerati il fine “algoritmico”. Il senso è da co-costruire, attraverso un'impostazione partecipativa che connette docenti,

famiglie, ricercatori, sviluppatori; l'urgenza è individuata in norme e prassi condivise. L'indicazione fondamentale è di assumere dei modelli didattici che utilizzano l'IA guidandola verso una visione che sostenga l'apprendimento: usare l'IA per ampliare feedback, differenziazione e accessibilità, ma senza disconoscere ed evitare le dimensioni sociali dell'apprendimento, creative e motivazionali. Analogamente alla prospettiva UNESCO, il curriculum dovrebbe essere allineato all'imparare *con* l'IA e imparare *su* l'IA, all'interno di una prospettiva sistemica che estende l'utilizzo di modelli coerenti con una visione pedagogica (piuttosto che il contrario). Le istituzioni scolastiche possono trovare occasione per qualificare eticamente l'uso dell'IA e dell'equità come condizione di contesto; l'idea di apprendimento è di estensione – non riduzione – della complessità educativa, che richiede una visione pedagogica, a sua volta guida dell'insegnamento come pratica professionale che assume l'IA per progettare meglio, osservare e valutare in modalità più efficaci ma mantenendo però l'ultima parola e la responsabilità delle scelte.

Una prima sintesi delle traiettorie individuate dai diversi documenti per le policy e per i decisori nel corso dei cinque anni 2019-2023, disegna una mappa con alcuni nodi principali e il conseguente senso (che cosa comporta) dell'IA nei curricoli scolastici:

- Finalità (SDG4, dignità, equità). La tecnologia si giudica dall'effetto sull'equità educativa. Questo significa che l'IA dovrebbe favorire una progettazione didattica che accompagna la capacità di agire degli insegnanti, e lo sviluppo delle intelligenze di studentesse e studenti, attraverso la richiesta di compiti con i quali coinvolgere e aumentare il potenziale di agency.
- Principi (diritti, controllo umano, etica, inclusione, sostenibilità, ambiente. Non sono una dichiarazione di buone intenzioni, ma criteri della costruzione del progetto didattico con l'IA e indicatori per la qualità dello stesso. Ogni attività prevede scelte esplicite su dati, consenso, responsabilità e la risposta alla domanda-guida: l'IA, in questa attività, accresce o indebolisce l'autonomia cognitiva?
- Governance (ruoli, policy d'istituto, dati). La scuola decide cosa è ammissibile e perché. In didattica, questo diventa controllo sia di cosa restituisce come output l'IA nella fase di progettazione degli insegnanti, sia degli artefatti realizzati da studentesse e studenti, dove vi è attenzione e responsabilità alla trasparenza dei processi, alla scelta degli strumenti, che dovrebbero essere sempre coerenti con i Principi.
- Curriculum (insegnare con l'IA, educare all'IA, agire attraverso l'IA). Traiettorie distinte ma convergenti e intrecciate alternano attività in cui l'IA supporta l'apprendimento e attività in cui si studia l'IA (dati, mo-

delli, bias), facendone emergere limiti e scelte, ed esperienze attraverso l'IA in grado di mobilitare capacità e agency.

- Valutazione (feedback continuo, sviluppo professionale). L'IA aiuta a vedere meglio, ma non decide al posto degli insegnanti. Le potenzialità di feedback costanti e immediati forniscono un supporto sia all'agire degli insegnanti, sia alla realizzazione di una scuola inclusiva, plurale, interculturale, dotandola di trasparenza dei processi valutativi (e dunque formativa).
- Capacità dei docenti (formazione, cultura dei dati, design, collegialità). Senza professionalità, l'IA resta gadget. Dunque è necessaria una formazione (continua quindi) per amplificare le nuove literacy (Rivoltella, Panciroli, 2025) la capacità di costruire prompt, di pensiero critico verso gli output dell'IA generativa, di saper valutare con e oltre l'IA, di documentare scelte e limiti.

Anche per i docenti, quindi, l'IA è occasione per allenare responsabilmente il giudizio: usare ciò che le macchine sanno fare, capire perché funzionano e come funzionano, scegliere criticamente quando lasciarle fuori.

Beijing ci ricorda il fine; UNESCO 2021 ci offre la rotta; OECD 2021 ci accompagna in cantiere. Il senso permane nella qualità dell'incontro tra studenti, docenti, saperi, contesti, che dipende però da come, ogni giorno, viene data forma didattica per usare, capire, scegliere, operare con l'IA.

2. Cosa mostrano le evidenze di ricerca sui curricoli e IA

La ricerca educativa inizia a mostrare evidenze sugli esiti dell'IA negli apprendimenti (Kosmyrna et al., 2025; Fang et al., 2025) e più in generale alcune metanalisi si concentrano sulle forme di progettazione dei contesti attraversati dall'IA e sulla formazione dei profili basati sulle literacy emergenti, per poter affrontare in modo efficace il fenomeno delle tecnologie algoritmiche che ibridano i contesti di apprendimento. La prospettiva è di evidenziare quali competenze siano necessarie per interagire efficacemente con l'IA e valutarla criticamente, fino a come progettare didattiche con tecnologie di IA centrate sull'apprendimento e che favoriscano, simultaneamente, una maggiore comprensione dell'IA da parte degli utilizzatori. Alcune domande di ricerca indagano che cosa le persone dovrebbero sapere sull'IA e quali percezioni e misconcezioni mostrano quando interagiscono con l'IA (Long, Magerko, 2020) risultando utili per determinare

percorsi formativi conseguenti anche tra gli insegnanti; altre (Ng, Leung, Chu, Qiao, 2021) esplorano la comprensione pubblica delle tecnologie di IA e la definizione stessa di alfabetizzazione all’IA. L’attenzione alla costruzione del curriculum di IA e delle metodologie che lo sosterranno è centrale per la prospettiva che stiamo delineando (Li, Yu, Zhang, 2024), così come l’approccio utilizzato per pervenire alle loro definizioni (Zhai et al. 2021).

Tra gli esiti più interessanti, annotiamo la definizione di AI literacy – realizzata attraverso una scoping review basata su centocinquanta fonti referate – e il framework concettuale articolato in cinque focus (Long, Magerko, 2020) dal quale discendono diciassette competenze (tab. 1). Lo studio è di apertura per indirizzare la progettazione di percorsi formativi per insegnanti – oppure di co-costruzione dei curricula basati sull’IA per gli studenti – soprattutto se vengono considerate le direzioni di interdisciplinarietà richieste dall’uso didattico dell’IA, le migliori pratiche per insegnare con l’IA in modo competente, la progettualità educativa e didattica orientata ad una maggiore qualità degli esiti.

Tab. 1 - Framework Long, Magerko, 2020

Dimensione	Competenza		Definizione
Che cos'è l'IA?	1	Riconoscere l'IA	Distinguere tra artefatti tecnologici che usano e che non usano l'IA.
	2	Comprendere l'intelligenza	Analizzare criticamente e discutere le caratteristiche che rendono un'entità "intelligente", includendo le differenze tra intelligenza umana, animale e di macchina.
	3	Interdisciplinarietà	Riconoscere che esistono molti modi di concepire e sviluppare macchine "intelligenti". Identificare una varietà di tecnologie che utilizzano l'IA, inclusi sistemi cognitivi, robotica e Machine Learning.
	4	Generale vs. Ristretta	Distinguere tra IA generale e IA ristretta.
Che cosa può fare l'IA?	5	Punti di forza e debolezze dell'IA	Identificare i tipi di problemi in cui l'IA eccelle e quelli che risultano più impegnativi per l'IA. Utilizzare queste informazioni per determinare quando è opportuno usare l'IA e quando valorizzare le abilità umane.
	6	Immaginare l'IA del futuro	Immaginare possibili applicazioni future dell'IA e considerare gli effetti di tali applicazioni sul mondo.

Come funziona l'IA?	7	Rappresentazioni	Comprendere che cos'è una rappresentazione della conoscenza e descrivere alcuni esempi di rappresentazioni della conoscenza.
	8	Decisione	Riconoscere e descrivere esempi di come i computer ragionano e prendono decisioni.
	9	Fasi del Machine Learning	Comprendere le fasi coinvolte nel machine learning e le pratiche e sfide che ciascuna fase comporta.
	10	Ruolo umano nell'IA	Riconoscere che gli umani svolgono un ruolo importante nel programmare, scegliere i modelli e messa a punto (fine-tuning) dei sistemi di IA.
	11	Data literacy	Comprendere i concetti di base della data literacy (alfabetizzazione ai dati).
	12	Apprendere dai dati	Riconoscere che i computer spesso imparano dai dati (compresi i propri dati).
	13	Interpretazione critica dei dati	Comprendere che i dati non possono essere presi alla lettera e richiedono interpretazione. Descrivere come gli esempi di addestramento forniti in un dataset iniziale possano influenzare i risultati di un algoritmo.
	14	Azione e reazione	Comprendere che alcuni sistemi di IA hanno la capacità di agire fisicamente sul mondo. Questa azione può essere guidata da un ragionamento di livello superiore (es., camminare lungo un percorso pianificato) oppure reattiva (es., fare un passo indietro per evitare un ostacolo rilevato).
Come dovrebbe essere usata l'IA?	15	Sensori	Comprendere che cosa sono i sensori, riconoscere che i computer percepiscono il mondo attraverso i sensori e identificare i sensori presenti in una varietà di dispositivi. Riconoscere che sensori diversi supportano tipi diversi di rappresentazione e di ragionamento sul mondo.
	16	Etica	Identificare e descrivere diverse prospettive sulle principali questioni etiche che circondano l'IA (ad es. privacy, occupazione, disinformazione, singolarità, processo decisionale etico, diversità, bias, trasparenza, responsabilità).
Come le persone percepiscono l'IA?	17	Programmabilità	Comprendere che gli agenti sono programmabili

Come funziona l'IA? <i>Considerazione di design</i>	1	Comprensibilità	Valutare l'inclusione di visualizzazioni grafiche, simulazioni, spiegazioni dei processi decisionali degli agenti o dimostrazioni interattive per facilitare la comprensione dell'IA da parte dei discenti.
	2	Interazioni incarnate	Considerare la progettazione di interventi in cui le persone possano mettersi “nei panni dell'agente” [45] come modo per dare senso al processo di ragionamento dell'agente. Ciò può comportare simulazioni incarnate degli algoritmi e/o sperimentazioni fisiche hands-on con tecnologie di IA.
	3	Contestualizzare i dati	Incoraggiare i discenti a indagare chi ha creato il dataset, come sono stati raccolti i dati e quali sono i limiti del dataset. Ciò può comportare la scelta di dataset pertinenti alla vita degli studenti, a bassa dimensionalità e “disordinati” (cioè non ripuliti o facilmente categorizzabili).
Come le persone percepiscono l'IA? <i>Considerazione di design</i>	4	Promuovere la trasparenza	Promuovere la trasparenza in tutti gli aspetti del design dell'IA (cioè eliminare funzionalità “black box”, rendere note le intenzioni dei creatori e le fonti di finanziamento/dati, ecc.). Ciò può comportare il miglioramento della documentazione, l'integrazione di IA comprensibile (v. Considerazione di design 1), la contestualizzazione dei dati (v. Considerazione di design 3) e l'adozione di caratteristiche di design come potenzialità offerte dalla predittività.
	5	Svelare gradualmente	Per prevenire il sovraccarico cognitivo, considerare di offrire agli utenti la possibilità di ispezionare e conoscere i diversi componenti del sistema; spiegare solo pochi componenti per volta; oppure introdurre forme di scaffolding che sfumano man mano che l'utente apprende di più sul funzionamento del sistema.
	6	Opportunità di programmare	Valutare la possibilità di offrire modalità per programmare e/o “insegnare” agli agenti di IA. Ridurre al minimo i prerequisiti di coding concentrandosi su elementi visivi/uditivi e/o incorporando strategie come gli esercizi di riordino di codice o/e il codice a riempimento.

7	Traguardi di sviluppo	Considerare come i traguardi di sviluppo (ad es. lo sviluppo delle intelligenze), l'età e le esperienze pregresse con la tecnologia influenzino le percezioni dell'IA, soprattutto quando si progetta per i bambini.
8	Pensiero critico	Incoraggiare i discenti, specialmente i più giovani, a essere consumatori critici delle tecnologie di IA, mettendone in discussione l'"intelligenza" e l'affidabilità.
9	Identità, valori e background	Considerare come identità, valori e background dei discenti influenzino interesse e preconoscenze sull'IA. Interventi che incorporano identità personale o valori culturali possono aumentare interesse e motivazione.
10	Supporto ai genitori	Quando si progetta per le famiglie, valutare la possibilità di offrire supporti che aiutino i genitori a fornire delle impalcature di sostegno (sostenere gradualmente) per le esperienze di apprendimento sull'IA dei figli.
11	Interazione sociale	Considerare la progettazione di esperienze di apprendimento sull'IA che favoriscano interazione sociale e collaborazione.
12	Valorizzare gli interessi dei discenti	Valutare l'uso degli interessi dei discenti (ad es. temi d'attualità, esperienze quotidiane, o passatempi diffusi come giochi o musica) nella progettazione di interventi di AI literacy.
13	Riconoscere le preconoscenze	Riconoscere che i discenti possono avere preconoscenze politicizzate/sensazionalistiche sull'IA derivate dai media popolari e considerare come affrontare, usare ed espandere tali idee negli interventi didattici.
14	Nuove prospettive	Introdurre, negli interventi di apprendimento, prospettive meno rappresentate nei media (ad es. sottocampi dell'IA poco pubblicizzati; discussioni bilanciate tra rischi/benefici dell'IA).
15	Bassa soglia d'accesso	Comunicare i concetti di IA a discenti senza solide basi in matematica o informatica (es.: ridurre i prerequisiti richiesti, collegare l'IA alle conoscenze pregresse, affrontare le insicurezze verso matematica/CS).

L'interesse crescente verso la definizione della new literacy richiesta con l'IA è alimentato dalla prospettiva di permettere un apprendimento più efficace attraverso l'IA. In quest'ottica un'analoga rassegna esplorativa avviata per determinare il concetto emergente di alfabetizzazione all'IA – assumendo una solida base teorica di trenta articoli specialistici referati – ha delineato le caratteristiche necessarie per definirla, insegnarla e valutarla (Ng, Leung, Chu, Qiao, 2021). La sintesi propone quattro aspetti per promuovere l'alfabetizzazione all'IA – sapere e comprendere, usare e applicare, valutare e creare, considerare le questioni etiche – derivati dall'adattamento delle literacy classiche. Lo studio fa luce su una definizione consolidata, sulle modalità di insegnamento e sulle questioni etiche dell'alfabetizzazione all'IA, e pone le basi per ricerche future sullo sviluppo di competenze necessarie ai nuovi contesti di apprendimento con l'IA e alla selezione di criteri di valutazione. Tra le specificità degli esiti, la raccomandazione di integrare sistematicamente considerazioni etiche e di introdurre la prospettiva dell'AI4SG – già incontrata nel secondo capitolo con riferimento a Floridi (2020) – in modo tale da garantire progressioni cognitive e scelte didattiche che diano significato a curricula a spirale attraverso ambienti laboratorio. Questo sguardo della ricerca sulla new literacy dell'IA comporta necessariamente ri-definire sia la proposta delle competenze che le metodologie che le sviluppano (Li, Yu, Zhang, 2024; Zhai et al., 2021). Più precisamente è la progettazione delle attività per l'apprendimento ad essere osservata nelle scuole, che dovrebbe rispondere con coerenza alle teorie educative, ai contenuti di IA che vengono proposti, alle risorse tecniche, strumentali e agli approcci didattici implementati, agli indicatori di valutazione degli esiti. L'insieme così considerato, nelle ricerche per la progettazione, mostra un panorama variegato ma frammentato, nel quale prevalgono attività di workshop, di project-based e game-based learning. Progettare un curriculum di IA richiede di affrontare almeno tre domande con i docenti: quali contenuti includere (approccio di contenuto), quali esiti attesi/competenze considerare (approccio di artefatto) e quali strategie, attività e pratiche d'aula strutturare per l'apprendimento (approcci di processo e metodo). Il modello che ne deriva, interpretato come framework di AI literacy, considera in modo naturale le tre dimensioni di “sapere – saper fare – giudicare con responsabilità”: sapere (che cos'è l'IA e come funziona); saper fare (progettare/realizzare compiti autentici con strumenti accessibili e progressioni di difficoltà); giudicare con responsabilità (impatti sociali, pregiudizi e principi etici integrati nei compiti). Il punto di forza di questo approccio è di integrare contenuto/prodotto con processo/metodo, offrendo criteri operativi per un curriculum spiraliforme e laboratoriale basato su making tinkering coding senza ridurre la proposta

educativa a un elenco normativo sia di strumenti che di metodi. Di fatto, seppure con studi limitati, alcune proposte emergenti a livello internazionale – che presentiamo sinteticamente – sembrano guidate dalle evidenze (UNESCO, 2024; OECD, 2025), così come quelle più normative provenienti dal Ministero della Repubblica Popolare Cinese (2024) che da tempo ha avviato la digitalizzazione estrema e l'utilizzo dell'IA in tutti gli ordini scolastici (MoE, 2018).

3. Il curriculum IA dell'UNESCO 2024: AI CFS un percorso triennale

Nella proposta di curriculum IA dell'UNESCO (2024), la cornice introduttiva nella quale prende forma considera la rapidità delle iterazioni e la pervasività dell'intelligenza artificiale (IA) in tutti gli ambiti della vita e in tutti i settori, proponendo per l'educazione, nuova sfide da considerare: la natura dell'intelligenza delle macchine; la raccolta e l'uso dei dati personali; il ruolo degli esseri umani e delle macchine nel processo decisionale; l'impatto dell'IA sulla sostenibilità sociale e ambientale. La direzione di senso assunta dalle premesse è la necessità che i sistemi educativi preparino gli studenti non solo con conoscenze e competenze per usare l'IA, ma anche con la capacità di comprendere in modo critico l'impatto potenziale della tecnologia sulle società e sull'ambiente nel loro insieme. Considerando la dimensione trasformativa implicata nell'IA per le società (umane), è fondamentale equipaggiare gli studenti con conoscenze e competenze ispirate da valori condivisi, per un efficace utilizzo e per la co-creazione attiva dell'IA. Di conseguenza l'istruzione, in quanto settore pubblico, non può ridursi a un terreno di prova per l'adozione passiva dell'IA, bensì essa ha anche un ruolo chiave nello sviluppo dell'agency dei giovani, perché contribuiscano a co-creare futuri sostenibili riequilibrando le nostre relazioni non solo con gli altri, ma anche con la tecnologia e con l'ambiente: l'obiettivo del quadro di competenze AI CFS UNESCO (AI Competence Framework for Students) è di contribuire a formare cittadini responsabili e creativi capaci di co-creare questi futuri desiderabili inclusivi, giusti e sostenibili (UNESCO, 2024, p. 7). È altrettanto interessante considerare come il curriculum IA dell'UNESCO parta da un'indagine post Beijing Consensus (2019), con la quale l'ente internazionale (UNESCO, 2022) rilevava che solo 15 Paesi su 190, stavano sviluppando o implementando curricula di IA nell'istruzione scolastica, per altro con ampie differenze circa la definizione di literacy e di competenze di IA. Di conseguenza occorre assumere responsabilmente l'idea di educare all'IA: per UNESCO non è ac-

cettabile che la definizione del quadro di competenze di IA per gli studenti sia influenzata da imprese private, concentrate sulle technicalità spinte per usare piattaforme di IA a fini di profitto. È necessario invece affrontare direttamente le questioni critiche più ampie, legate alle implicazioni dell'IA per l'apprendimento e per la cittadinanza, colmando il vuoto derivante dalla mancanza di un quadro approvato a livello pubblico per l'introduzione dell'IA nei curricula, al quale i sistemi educativi nazionali/locali possono ispirarsi per promuovere un approccio critico ed etico agli strumenti di IA, sviluppare le conoscenze fondamentali per un uso efficace e significativo dell'IA nell'istruzione. Dunque AI CFS UNESCO supporta i decisori politici a definire un set di competenze che rientrano in quattro principi fondamentali: una mentalità umano-centrica; un'etica dell'IA; le tecniche e le applicazioni di IA; la progettazione di sistemi di IA. Questi quattro aspetti sono articolati su tre livelli di progressione (Comprendere, Applicare, Creare), per un totale di dodici blocchi di competenze. Per ciascuno di essi il quadro propone metodologie didattiche e strategie di pianificazione e offerta dei contenuti curricolare, riferimenti specifici sia agli atteggiamenti verso l'IA sia ai diversi livelli di padronanza raggiungibili (tab. 2).

Il framework considera i principi chiave e ne descrive l'ispirazione di senso:

- promuovere un approccio critico all'IA. Il pensiero critico è una competenza fondamentale affinché gli studenti possano impegnarsi in modo significativo con l'IA come discenti, utenti e creatori. Vanno sostenuti per diventare co-creatori attivi dell'IA e in grado di assumere autonomamente la responsabilità di determinare quali tipi di IA sviluppare e come usarla per orientare verso futuri inclusivi e ambientalmente sostenibili;
- dare priorità all'interazione umano-centrica con l'IA. L'approccio umano-centrico dell'UNESCO sostiene che progettazione e uso dell'IA devono servire lo sviluppo delle capacità umane, proteggere dignità e agency delle persone, e promuovere giustizia e sostenibilità lungo tutto il ciclo di vita dell'IA e in tutti i possibili loop di interazione uomo-IA; l'approccio inoltre deve essere guidato dai diritti umani e dal rispetto della diversità linguistica e culturale, richiede trasparenza, comprensibilità, controllo umano e responsabilità;
- promuovere un'IA ambientalmente sostenibile. In quanto co-creatori e futuri leader delle prossime generazioni di tecnologie di IA, gli studenti devono comprendere criticamente gli impatti ambientali di approcci profit-driven alla progettazione, all'addestramento e alla distribuzione dei modelli. I sistemi educativi hanno la responsabilità di far comprendere emissioni di carbonio, cause del cambiamento climatico e azioni

per tutelare clima e ambiente. Il quadro promuove attività project-based sull'impatto ambientale dell'IA e la ricerca di soluzioni per mitigarli;

- promuovere l'inclusività nello sviluppo delle competenze di IA. L'accesso all'IA e alle competenze necessarie per governarla, rappresentano due facce dei diritti fondamentali dei cittadini. Tutti gli studenti dovrebbero avere accesso inclusivo agli ambienti necessari per apprendere l'IA a livello di base e dovrebbero essere sostenuti nell'integrare il principio di inclusività nella progettazione dell'IA, per contribuire a una società inclusiva. Gli studenti devono poter comprendere e applicare l'inclusività lungo l'intero ciclo di vita dell'IA, e progettare sistemi di IA basati sulla valutazione dei bisogni di soggetti con abilità diverse e provenienti da contesti linguistici e culturali eterogenei;
- costruire competenze di base in IA per l'apprendimento permanente. L'insegnamento e l'apprendimento sull'IA deve costruire competenze che consentano agli studenti di accogliere nuove conoscenze e di adattarsi alla risoluzione di problemi in contesti nuovi con tecnologie di IA inedite. Queste competenze includono innanzi tutto valori solidamente ancorati nell'etica e nella mentalità umano-centrica (uguaglianza, non discriminazione, privacy, espressione plurale) e le loro implicazioni per le diverse forme d'interazione uomo-IA.

UNESCO considera che il quadro AI CFS debba essere metodologicamente orientato affinché contribuisca:

- a costruire curricula interdisciplinari per lo sviluppo delle competenze di IA, integrando le discipline esistenti per favorire approcci trasversali con ricaduta su più discipline, crea attività extra- e co-curricolari. In ogni caso, l'interdisciplinarietà implica un curriculum che mobiliti valori, conoscenze e competenze STEAM come base dell'IA, che integri intrinsecamente gli aspetti chiave delle competenze di IA, che sviluppi e si adatti a livelli di progressione corrispondenti;
- ad adattare sequenze curriculari a spirale adeguate all'età, e la proposta dei tre livelli di progressione (Comprendere, Applicare, Creare) dovrebbe essere la sequenza che attraverso i diversi gradi scolastici. Le sequenze vanno calibrate per età e contesto, tenendo conto di tempi d'insegnamento, prerequisiti e traiettorie disciplinari, così da consentire una costruzione progressiva e trasferibile degli schemi di competenza;
- a costruire ambienti di apprendimento abilitanti per i curricula di IA, poiché per implementare un curriculum di IA servono condizioni essenziali: connettività, dispositivi aggiornati, accesso a strumenti e software (preferibilmente open-source o a basso costo), dispositivi essenziali per IA;
- a costruire valutazioni basate sulle competenze e sulla progressione degli aspetti chiave dell'IA, favoriti da strumenti e metodologie essenziali per

stabilire il punto di partenza, misurare i livelli di padronanza e fornire riferimenti per valutare efficacia didattica e implementazione del curriculum. Si tratta di costruire un sistema di valutazione con finalità e obiettivi, compiti autentici e metodologie, standard/indicatori di riferimento e criteri adeguati al dominio con relative scale di valutazione, progettate per fornire feedback formativo e informare il miglioramento continuo del curriculum.

Tab. 2 - Il quadro AI CFS UNESCO

Principio	Competenza da sviluppare	Livello 1 - Comprendere	Livello 2 - Applicare	Livello 3 - Creare
<i>Mentalità centrata sull'essere umano</i>	Agency umana	Riconosce che l'IA è guidata da scelte umane; comprende ruolo e limiti del controllo umano.	Mantiene il controllo umano nelle decisioni; individua decisioni che non vanno delegate all'IA.	Progetta soluzioni che preservano l'agency umana e definisce confini chiari.
	Responsabilità umana	Distingue responsabilità di creatori, utenti, istituzioni.	Adotta pratiche conformi a norme e contesto (scuola/territorio).	Definisce ruoli, responsabilità e procedure di accountability nei progetti di IA.
	Cittadinanza nell'era dell'IA	Descrive impatti sociali dell'IA e collegamenti con gli SDGs.	Promuove uso responsabile e inclusivo; informa e coinvolge i pari.	Guida iniziative/progetti civici per un uso equo e sostenibile dell'IA.
<i>Etica dell'IA</i>	Etica incarnata/interiorizzata	Conosce principi: non nuocere, proporzionalità, equità, sostenibilità, trasparenza/comprendibilità, determinazione umana.	Valuta casi/strumenti alla luce dei principi; riconosce dilemmi.	Integra i principi nei requisiti e nei criteri di progetto/valutazione.
	Uso sicuro e responsabile	Riconosce rischi (privacy, bias, sicurezza) e buone pratiche sui dati.	Applica gestione dati (consenso, minimizzazione, sicurezza, cancellazione).	Progetta procedure di sicurezza e piani di mitigazione del rischio.
	Etica by design	Comprende che l'etica attraversa l'intero ciclo di vita dei sistemi di IA.	Usa checklist/matrici etiche durante attività e valutazioni.	Integra valutazioni d'impatto, due diligence e conformità nel progetto.

<i>Tecniche e applicazioni di IA</i>	Fondamenti di IA	Spiega concetti base su dati, modelli e apprendimento; riconosce la natura interdisciplinare.	Sperimenta con dataset semplici; interpreta output di strumenti/algoritmi.	Seleziona approcci adeguati e giustifica le scelte tecniche.
	Competenze applicative	Conosce strumenti di IA (anche low-code/no-code) e pratiche d'uso.	Utilizza librerie/strumenti per compiti autentici; valuta le prestazioni.	Combina strumenti e ottimizza pipeline end-to-end
	Creazione di strumenti di IA	Descrive come si realizza un semplice modello/app di IA.	Personalizza modelli/toolkit esistenti per un compito	Sviluppa prototipi originali orientati al compito, integrando aspetti etici.
<i>Progettazione di sistemi di IA</i>	Inquadramento/definizione del problema	Definisce obiettivi e quando (non) usare l'IA.	Pianifica requisiti: dati, metriche, risorse e vincoli.	Formula specifiche complete con criteri di successo ed etici.
	Progettazione dell'architettura	Riconosce componenti (dati, modello, interfaccia, risorse).	Configura prototipi con strumenti disponibili e documenta scelte.	Progetta architetture scalabili/manutenibili/riutilizzabili
	Iterazione e cicli di feedback	Comprende principi di test e valutazione.	Applica metriche, raccoglie feedback utenti e migliora il sistema.	Conduce cicli completi di ottimizzazione considerando impatti sociali/ambientali.

Alcuni indirizzi esplicativi del curriculum sono interessanti per annotare un grado di coerenza con alcuni principi emersi nei capitoli precedenti:

- *agency*: gli studenti dovrebbero comprendere le implicazioni della tutela dell'agency umana lungo tutto il ciclo di vita dell'IA (progettazione, erogazione e uso), e comprendere il significato di poter agire con un'IA sotto il controllo umano e quali potrebbero essere le conseguenze quando ciò non avvenisse. La relazione della formazione dell'agency è strettamente collegata alla progettazione di contesti con le caratteristiche delle capacità combinate;

- *definizione del problema* (problem scoping): gli studenti dovrebbero comprendere l'importanza della definizione del problema come punto di partenza per l'innovazione in IA, e quindi saper analizzare se usare o meno l'IA in certe situazioni (prospettive legali, etiche e logiche), definire confini, obiettivi e vincoli di un problema prima di addestrare un modello e pianificare la progettazione per concettualizzare e costruire un sistema di IA (valutare tecniche, definire bisogni di dati, ideare metriche di test e feedback).

In sintesi, la proposta del curriculum AI CFS UNESCO, direziona verso l'agency e il benessere sociale degli studenti nel processo di integrazione degli strumenti basati sull'IA. Si tratta di immaginare l'azione educativa per la comprensione dell'IA e dello sviluppo di competenze non come forma adattiva, bensì come forma generativa, ovvero come opportunità per gli studenti di coltivare intraprendenza, auto-efficacia, autoregolazione, metacognizione, pensiero critico, pensiero creativo, in un contesto di forti relazioni sociali e di interazione intersoggettiva e interculturale. La prospettiva, che richiama il pensiero vygotskijano già incontrato, è di sviluppare delle competenze nelle studentesse e negli studenti, più in generale negli esseri umani, affinché possano concentrarsi sull'acquisizione di abilità di pensiero di ordine superiore a partire dagli output forniti dall'IA, riconoscendo quali siano invece le azioni che si possono delegare ai sistemi di IA. Il caso esemplare delle iniziali ricerche sulla scrittura con l'ausilio di IA generativa ha posto il tema dello “scrivere senza pensare” (Chayka, 2023): l'apprendimento della scrittura potrà – forse – evolversi, e concentrarsi sullo sviluppo di competenze di pianificazione e composizione dei prompt, di valutazione critica degli output della GenAI e dello sviluppo di un pensiero di ordine superiore in grado di connessioni e di individuazione dei problemi con finezza e qualità, oltre che sulla co-scrittura.

4. La proposta di OECD 2025: AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education

L'OECD (2021; 2023; 2025a; 2025b) ha fornito una serie di orientamenti strategici che insieme possono guidare la progettazione curricolare ma non costituiscono ancora un curriculum IA, paragonabile, per formato e dettaglio, all'UNESCO AI CTS. In questa direzione è orientato l'AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education (2025b) sviluppato nella prima release insieme all'Unione Europea.

OECD (2025a) colloca la sua proposta all'interno di una rivisitazione delle finalità generali del sistema educativo laddove definire finalità complessive e obiettivi di apprendimento implica assumere una posizione normativa sulla prospettiva entro la quale si colloca l'idea di scuola conseguente. In linea con le tendenze internazionali, il curriculum intende formare le persone alla cittadinanza e a sostenere la loro autonomia e il loro sviluppo. Ovviamente le giustificazioni per la selezione di specifiche conoscenze, conoscenze e atteggiamenti sono collegate a questioni pratiche su come organizzare e sequenziare i contenuti curriculari e su quali esperienze di apprendimento identificare, in coerenza con i valori stabiliti per il sistema.

L'IA sta iniziando a ridefinire le domande che premettono la progettazione e le finalità dei curricula e pone questioni rilevanti. La prima domanda che l'IA pone è l'attuale mancanza di conoscenze adeguate su che cosa l'IA possa e non possa fare. Le conoscenze sulle capacità dell'IA restano scarse e frammentarie, e questo ostacola la capacità dei decisori di anticipare direzione e portata del suo potenziale trasformativo. La seconda domanda riguarda quali saranno i set di indicatori in grado di aiutare i decisori politici ad anticipare come l'IA trasformerà il modo in cui gli esseri umani svolgono compiti di lavoro e di vita e delineare in questo modo una migliore comprensione dell'IA e informare un pensiero prospettico sulle politiche da attuare. La terza domanda riguarda quali siano dunque i cambiamenti fondamentali – se ve ne fossero – circa gli obiettivi della scuola nell'era dell'IA. Il che riporta a quali conoscenze, competenze e atteggiamenti potrebbero presto essere conseguibili/replicabili dall'IA, quali invece rimarranno importanti per gli esseri umani anche se ottenibili dall'IA, e quali potrebbero emergere come nuovi requisiti distintivi per gli esseri umani. La quarta riporta alle forme e ai luoghi dell'apprendimento: ovvero è la questione di come l'IA incide sui contenuti e sulle esperienze di cui gli studenti hanno bisogno per apprendere, e dunque sull'organizzazione del curriculum e delle metodologie conseguenti.

Con la proposta sviluppata in collaborazione con l'UE (OECD, 2025b) dell'AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education, si intende fornire a studenti ed educatori gli strumenti per comprendere sia i rischi sia le opportunità che l'IA presenta e al fine di saper prendere decisioni significative ed etiche circa il suo utilizzo. L'alfabetizzazione all'IA diviene sempre più essenziale per orientarsi nella vita quotidiana, creare con intenzionalità e prepararsi al futuro dell'apprendimento e del lavoro. Con la definizione del framework, OECD intende avviare un processo che conduca ad un linguaggio comune sull'AI literacy ritenendola una priorità educativa, al fine di garantire coerenza tra contesti educativi diversi, e permettere insegnanti, dirigenti scolastici, decisori politici in ambito educativo

e progettisti dell'apprendimento di comprendere l'AI literacy e decidere come inserirla nei propri contesti e nei curricoli.

La comprensione di come opera l'IA aiuta gli educatori a prendere decisioni autonome su quando e come usarla, in base alle caratteristiche di loro studenti e dei contenuti che intendono proporre. Il framework, quindi, pone al centro il ruolo dell'AI literacy nell'insegnamento e nell'apprendimento, poiché la pervasività negli strumenti e nei devices utilizzati da ragazze e ragazzi, così come dalle e dagli insegnanti, diviene presenza emergente dell'IA nell'educazione tanto da influenzare i processi di ricerca, di scrittura, di collaborazione degli studenti, così di come gli insegnanti pianificano le lezioni e forniscono feedback durante le attività.

Rendere quindi l'AI literacy una priorità educativa assicura che gli studenti sappiano valutare, porre in discussione e applicare l'IA in modo responsabile nella vita scolastica e oltre l'aula. Una dimensione di rilievo è l'assunto che l'integrazione sia una responsabilità condivisa in tutto l'ecosistema dell'istruzione, non delegata al compito di singoli docenti. Le competenze delineate sono pensate per essere sviluppate lungo tutto il percorso di istruzione primaria e secondaria, in ambienti di apprendimento formali e informali, comprese scuole, contesti familiari e comunitari.

Basandosi sugli esiti di ricerca e sulle esperienze in atto, il framework sviluppa e considera sei principi che lo guidano:

- interdisciplinare: integrare l'AI literacy in un'ampia gamma di materie e contesti educativi;
- fondativa: definire un nucleo di competenze necessarie per dimostrare padronanza dell'AI literacy;
- illustrativa: dare vita all'AI literacy tramite scenari ed esempi contestualizzati;
- globale: considerare e valorizzare i contributi di educatori, ricercatori ed esperti di IA a livello internazionale;
- pratica/flessibile: rendere l'AI literacy gestibile e realizzabile in diversi contesti di classe;
- duratura: individuare conoscenze e competenze che resteranno rilevanti man mano che l'IA evolve.

Il framework si articola attraverso quattro domini dell'AI literacy, che rappresentano diversi modi attraverso i quali studentesse e studenti interagiscono con l'IA. Essi possono sviluppare padronanza in più domini senza necessariamente raggiungerla pienamente in uno solo. I quattro domini comprendono 22 competenze (tab. 3).

Tab. 3 - OECD AI Literacy framework, 2025

<i>Dominio</i>		<i>Competenza</i>	<i>Descrizione</i>
<p><i>Interagire con l'IA</i> (Engaging with AI)</p> <p>Usare l'IA come strumento per accedere a nuovi contenuti, informazioni o raccomandazioni. Queste situazioni richiedono di valutare l'accuratezza e la pertinenza degli output dell'IA. Gli studenti devono sviluppare una comprensione fondamentale delle basi tecniche dell'IA per analizzarne criticamente capacità e limiti.</p>	1	Riconoscere il ruolo e l'influenza dell'IA nei diversi contesti.	Gli studenti individuano la presenza dell'IA negli strumenti e nei sistemi di uso quotidiano e ne considerano lo scopo in varie situazioni, come le raccomandazioni di contenuti o l'apprendimento adattivo. Riflettono su come l'IA influenzi le loro scelte, il loro apprendimento e le loro percezioni.
	2	Valutare se gli output dell'IA debbano essere accettati, rivisti o respinti.	Gli studenti valutano criticamente l'accuratezza e l'equità dei contenuti generati dall'IA, riconoscendo che l'IA può produrre disinformazione o output faziosi. Decidono se fidarsi, modificare o superare/ignorare gli output dell'IA, considerando il potenziale impatto su di sé e sugli altri.
	3	Esaminare come i sistemi di IA predittiva forniscano raccomandazioni che possono informare e, al contempo, limitare le prospettive.	Gli studenti esplorano come l'IA utilizzi schemi nei dati per offrire suggerimenti (ad es., cosa guardare, comprare o leggere) e considerano come tali raccomandazioni possano sia supportare l'apprendimento o le decisioni, sia rinforzare punti di vista ristretti o pregiudizi.
	4	Spiegare come l'IA possa essere utilizzata per amplificare i bias/pre-giudizi sociali.	Gli studenti indagano i sistemi di IA, il riconoscimento facciale o gli algoritmi di selezione del personale, riflettano decisioni umane e dati, e individuano i modi in cui bias nei dati o nel design possano condurre a esiti iniqui per diversi gruppi di persone.

	5	Descrivere come i sistemi di IA consumano energia e risorse naturali .	Gli studenti esplorano l'impatto ambientale dell'IA, incluse la sua energia e la infrastruttura dei dati, e considerano come un design e un uso responsabili possano favorire la sostenibilità.
	6	Analizzare in che misura l'uso di un sistema di IA sia allineato con i principi etici e i valori umani .	Gli studenti valutano se l'uso dell'IA in una data situazione – ad esempio, telecamere di sorveglianza negli spazi pubblici o moderazione dei contenuti online – sostenga valori quali equità, trasparenza e privacy. Riflettono sul fatto che tale uso sia appropriato, benefico o potenzialmente dannoso.
	7	Collegare gli impatti sociali ed etici dell'IA alle sue capacità tecniche e ai suoi limiti .	Gli studenti esplorano come i punti di forza e le debolezze dell'IA influenzino il modo in cui essa viene usata nella società. Collegano il design e il funzionamento dei sistemi di IA all'impatto reale sulle persone, sulle comunità e sui sistemi.
<p><i>Creare con l'IA</i> (Creating with AI)</p> <p>Collaborare con un sistema di IA in un processo creativo o di problem solving. Implica guidare e affinare l'output dell'IA tramite prompt e feedback, assicurando al contempo che i contenuti restino corretti ed equi. Include anche considerazioni etiche relative a proprietà dei contenuti, attribuzione e uso responsabile di materiali esistenti.</p>	1	Usare sistemi di IA per esplorare nuove prospettive e approcci che ampliano idee originali.	Gli studenti sperimentano con l'IA per espandere il proprio pensiero, generare idee nuove o considerare punti di vista alternativi. Restano responsabili del contenuto finale pur lasciando che l'IA supporti il loro processo creativo.

	2	Visualizzare, prototipare e combinare idee utilizzando diversi tipi di sistemi di IA.	Gli studenti provano strumenti di IA che operano in formati differenti (testo, immagini, musica, ecc.) per esplorare e raffinare nuove idee, quindi combinano gli output in un prodotto o una soluzione significativi.
	3	Collaborare con sistemi di IA generativa per ottenere feedback, affinare i risultati e riflettere sui processi di pensiero.	Gli studenti intraprendono con l'IA un processo iterativo testando i prompt e raffinando gli output generati, quindi riflettono su come l'interazione abbia plasmato il loro pensiero e le loro scelte.
	4	Analizzare come l'IA possa tutelare o violare l'autenticità dei contenuti e la proprietà intellettuale.	Gli studenti esplorano come i contenuti generati dall'IA possano attingere o replicare opere esistenti e valutano quando tale uso sia lecito, originale o richieda attribuzione; riflettono sulle implicazioni etiche della creazione assistita dall'IA.
	5	Spiegare come i sistemi di IA svolgono i compiti usando un linguaggio preciso che eviti l'antropomorfismo.	Gli studenti descrivono il funzionamento dell'IA in termini realistici e accurati, evitando espressioni che suggeriscano emozioni o comprensione umana; comprendono che il linguaggio scelto può chiarire o perpetuare idee errate sull'IA.
	1	Decidere se usare sistemi di IA in base alla natura del compito.	Gli studenti valutano se l'IA sia lo strumento giusto per una situazione specifica, considerando fattori come la complessità del compito, il bisogno di giudizio umano e le implicazioni etiche.

Gestire l'IA
(Managing AI)

Scegliere in modo intenzionale come l'IA può supportare e potenziare il lavoro umano. Ciò include l'assegnazione all'IA di compiti strutturati (ad es. organizzare informazioni), così che le persone possano concentrarsi

<p>su ambiti che richiedono creatività, empatia e giudizio. I sistemi di IA possono simulare vari ruoli (analista, partner di dibattito, orientatore). Gli studenti che gestiscono le azioni dell'IA imparano a delegare con consapevolezza, a guidare gli output con istruzioni chiare e a valutare se il ruolo assegnato all'IA è in linea con i propri obiettivi e valori. Questo dominio rafforza l'agenzia degli studenti, garantendo che l'IA lavori per loro e che il suo uso resti etico e incentrato sull'umano.</p>	2	Scomporre un problema in funzione delle capacità e dei limiti sia dei sistemi di IA sia degli esseri umani.	Gli studenti suddividono un compito complesso e decidono quali parti possano essere gestite dall'IA e quali richiedano l'intervento umano, distribuendo le attività in base alla loro natura e ai punti di forza di umani e IA.
	3	Dirigere sistemi di IA generativa fornendo istruzioni specifiche, contesto appropriato e criteri di valutazione.	Gli studenti praticano il prompt engineering dando all'IA input chiari e strutturati per guidare output coerenti con obiettivi e aspettative.
	4	Delegare compiti ai sistemi di IA per automatizzare o potenziare in modo adeguato i flussi di lavoro umani.	Gli studenti individuano opportunità per affidare all'IA attività ripetitive o strutturate, così da lasciare alle persone la concentrazione su creatività, etica o decisione.
	5	Sviluppare e comunicare linee guida per l'uso dei sistemi di IA allineate ai valori umani, che promuovano l'equità e diano priorità alla trasparenza.	Gli studenti creano o rafforzano linee guida responsabili per l'uso dell'IA in contesti accademici, considerando anche quelle esistenti di organizzazioni locali, nazionali o internazionali, come la Commissione europea o l'OCSE.
<p><i>Progettare l'IA</i> (Designing AI)</p> <p>Mettere gli studenti in condizione di capire come funziona l'IA e di collegarla ai suoi impatti sociali ed etici intervenendo su come i sistemi di IA operano. Attraverso esplorazioni pratiche in contesto educativo, gli studenti esaminano come dati, scelte progettuali e comportamento dei modelli influenzino l'equità, l'utilità e l'impatto dei sistemi di IA. L'obiettivo</p>	1	Descrivere come i sistemi di IA possano essere progettati per sostenere una soluzione a un problema della comunità.	Gli studenti esplorano come l'IA possa risolvere problemi reali identificando un bisogno della comunità affrontabile con l'IA, considerando come progettare l'IA per contribuire alla soluzione e valutandone i benefici, i rischi e i limiti potenziali.

non è sviluppare prodotti commerciali o metterli in servizio, ma costruire fiducia e capacità per plasmare un'IA a beneficio dell'uomo, comprendendo fin dall'inizio i principi che sottendono la progettazione dei sistemi di IA.	2	Confrontare le capacità e i limiti dei sistemi di IA che seguono algoritmi creati dall'uomo con quelli che formulano previsioni basate sui dati.	Gli studenti esaminano la differenza tra sistemi a regole fisse (o logica programmata manualmente) e modelli di apprendimento automatico, per comprendere il valore del ML e decidere quando ciascun approccio sia più utile o appropriato.
	3	Raccogliere e curare dati da usare per addestrare un modello di IA, considerando pertinenza, rappresentatività e impatto potenziale.	Gli studenti scoprono come i dati vengano etichettati, selezionati e preparati per l'addestramento e apprendono come qualità e rappresentazione dei dati influenzino le prestazioni del modello e gli effetti sulle persone.
	4	Valutare i sistemi di IA usando criteri definiti, risultati attesi e feedback degli utenti.	Gli studenti fissano i criteri di successo di un sistema di IA, lo testano con input diversi e ne valutano le prestazioni per apportare miglioramenti, adottando un processo iterativo guidato dai riscontri di utenti eterogenei.
	5	Descrivere lo scopo di un modello di IA, i destinatari e i suoi limiti.	Gli studenti illustrano la finalità del modello, i dati usati per addestrarlo e ciò che sa/non sa fare bene; aiutano gli altri a sviluppare una comprensione realistica delle capacità e dei limiti del modello.

In sintesi, la proposta del framework considera e armonizza i lavori già svolti dalla Commissione Europea con il quadro europeo delle competenze digitali per i cittadini (DigComp, 2020) e dal AI Competencies for Students dell'UNESCO (2024) che ha per altro distinto con chiarezza tra esiti di alfabetizzazione all'IA specifici per gli studenti e modalità con cui i docenti possono sostenere le esperienze in classe con il secondo framework AI Competencies for Teacher (UNESCO, 2024). Nel loro insieme, questi riferimenti dovrebbero assicurare che framework AI Literacy sia coerente

con gli sviluppi avvenuti a livello internazionale e coerenti con la ricerca educativa.

5. La proposta della Repubblica Popolare Cinese (RPC): educazione potenziata dall'IA

Con il lancio ufficiale, a marzo, della versione 2.0 di Smart Education of China, la Strategia nazionale cinese per la digitalizzazione dell'istruzione è entrata nel suo terzo anno di avanzamento costante, integrando le politiche sull'IA (MoE, 2025). Una tappa fondamentale nella trasformazione digitale dell'istruzione è stata l'attivazione di una piattaforma nazionale che permette di integrare le vastissime risorse educative digitali e di applicazioni intelligenti prodotte nelle scuole, a beneficio di centinaia di milioni di insegnanti e studenti, introducendo altresì le risorse educative legate all'IA, abilitando il passaggio dall'insegnamento standardizzato all'apprendimento personalizzato. In linea con la Strategia nazionale per la digitalizzazione dell'istruzione, la RPC ha inoltre lanciato l'iniziativa "Educazione potenziata dall'IA", integrando l'IA in ogni elemento e fase dell'insegnamento e dell'apprendimento. La Strategia include riforme nella valutazione educativa e progetti pilota per potenziare lo sviluppo professionale dei docenti tramite il supporto dell'IA, favorendo la rapida comparsa di nuove applicazioni di IA nel settore dell'istruzione (Moe, 2025). La sperimentazione nazionale su 184 scuole primarie e secondarie ha posto le basi per definire il curriculum nazionale di educazione all'IA, e ha permesso di selezionare cinquanta scenari esemplari di applicazione IA. Da queste azioni sono state avviate iniziative pilota per l'innovazione guidata dall'IA anche nell'istruzione terziaria.

Negli ultimi tre anni, "Educazione potenziata dall'IA", è divenuta un elemento chiave nella trasformazione della formazione dei talenti: le discipline e le strutture dei corsi sono state continuamente ottimizzate, guidate dal progresso tecnologico e dalle esigenze strategiche nazionali, e rafforzate con le discipline legate alle tecnologie digitali per sostenere la formazione di talenti digitali (Moe, 2025). Secondariamente l'alfabetizzazione digitale di docenti e studenti è stata migliorata in modo significativo, fornendo su vasta scala una formazione mirata, contribuendo a ridurre sensibilmente il divario digitale tra aree urbane e rurali. Come ultimo aspetto, "Educazione potenziata dall'IA", ha continuato ad ampliarsi in tutto il Paese: sono state avviate iniziative di educazione generale all'IA mirate a costruire un curriculum di IA strutturato e multiforme che copre tutti i livelli dell'istruzione.

Il Piano per la costruzione di una potenza educativa (2024-2035) (Moe, 2024), assume la digitalizzazione dell'istruzione come punto di svolta per aprire nuove piste di sviluppo educativo e creare nuovi vantaggi competitivi. Alcuni elementi fondamentali:

- *Promuovere in profondità l'integrazione: costruire e usare bene la Piattaforma nazionale di servizio pubblico per l'educazione intelligente.* Aggregare risorse eccellenti attorno a quattro ambiti (istruzione di base, professionale, superiore, apprendimento permanente) e cinque dimensioni (educazione morale, intellettuale, fisica, estetica, al lavoro). Incoraggiare territori, scuole e imprese dei settori a sviluppare risorse di qualità. Per l'istruzione di base, costruire risorse che coprano i curricula nazionali e materiali didattici, corsi di qualità adatti a differenti profili di apprendimento, risorse per educazione scientifica e arti e cultura. Per istruzione superiore e professionale, costruire corsi digitali di qualità in tutte le discipline, tirocini/pratiche in simulazione virtuale, tesi e risultati applicativi.
- *Promuovere la trasformazione digitale di curricula, manuali e didattica. Approfondire le applicazioni dei grandi modelli educativi.* Promuovere l'upgrade intelligente di sistema dei curricula, dei manuali e della didattica; integrare l'IA in tutti gli elementi e in tutto il processo educativo; promuovere l'integrazione tra educazione scientifica e umanistica.
Pianificare in modo integrato l'educazione all'IA nella scuola primaria, secondaria e università; costruire corsi generali, caratterizzati sull'IA nelle università; creare un insieme di corsi intelligenti nelle università; migliorare i corsi di informatica e tecnologie nelle scuole primarie e secondarie, incoraggiando corsi a tema IA.
- *Emanare linee guida per la costruzione/gestione dei manuali digitali* Sviluppare, per aree e profili, manuali digitali dimostrativi di alta qualità; sostenere territori, scuole e imprese nello sviluppo di manuali digitali.
Esplorare la costruzione di scuole in cloud, spazi di manifattura intelligente (makerspace), centri di apprendimento del futuro; costruire centri nazionali di didattica sperimentale; creare nuove forme di organizzazione didattica e promuovere il cambiamento delle modalità di apprendimento.
Costruire comunità studentesche digitali-intelligenti attraverso compagni di apprendimento intelligenti e tutor digitali, esplorare nuovi modelli di insegnamento uomo-macchina e realizzare insegnamento personalizzato su larga scala guidato dall'IA, migliorando efficienza e qualità.

- *Elevare la alfabetizzazione e le competenze digitali dell'intera popolazione con focus su docenti e studenti.*
Costruire un sistema di crescita dell'alfabetizzazione digitale continuo tra scuola primaria, secondaria e università, includendo la alfabetizzazione digitale nella valutazione delle competenze.
Approfondire l'azione IA a sostegno della costruzione del corpo docente; integrare l'alfabetizzazione digitale nel curriculum della formazione degli insegnanti. Istituire sistemi di formazione periodica per elevare l'alfabetizzazione digitale di dirigenti dell'amministrazione educativa e dei leader scolastici.
- *Partecipare attivamente*
 - alla governance globale della digital education. Partecipare attivamente alle organizzazioni internazionali pertinenti; cooperare con UNESCO, OCSE, G20, BRICS, SCO e altre; promuovere la costruzione di una comunità internazionale per lo sviluppo della digital education;
 - alla definizione di agende, regole e standard della digital education; promuovere l'affermazione internazionale degli standard relativi alla Piattaforma nazionale, all'alfabetizzazione digitale di docenti e studenti e alla sicurezza ed etica della digital education.

6. Il curriculum Lucy IA: un'idea di scuola 2020-2025

Il curriculum Lucy IA è stato progettato per replicare le caratteristiche intrinseche dell'intelligenza artificiale, come disciplina di ricerca, e far vivere a studentesse e studenti un'esperienza di apprendimento autentica e nella prospettiva (eco)sistemica. Questo approccio si collega direttamente al percorso storico e culturale dell'intelligenza artificiale (cfr. cap. 1), che parte dai miti antichi e attraversa le grandi rivoluzioni scientifiche per arrivare ai moderni sistemi complessi. L'idea di educare all'uso dell'IA implica non solo la comprensione della tecnologia, ma anche il suo contesto storico e culturale, che ci aiuta a comprendere le sfide e le opportunità attuali.

Le sfide educative che il percorso didattico pone come fondamenta della progettazione curricolare sono principalmente tre:

1. educare all'uso della tecnologia come strumento abilitante del pensiero umano;
2. rimuovere le barriere tra le discipline e abitare la complessità;
3. stimolare un apprendimento pratico e sensoriale, supportato da un pensiero critico, creativo e riflessivo.

6.1. Le tecnologie come strumento per lo sviluppo del pensiero superiore

La prima sfida parte dalla consapevolezza che gli strumenti tecnologici hanno da sempre un impatto sulla cognizione umana perché, con velocità differenti, tendono a modificare, sostituire parzialmente o completamente pratiche concrete o astratte, fisiche o di pensiero, che l'umanità ha sviluppato in migliaia di anni di evoluzione e adattamento della specie. La rapida diffusione delle tecnologie di comunicazione avvenuta dalla fine dello scorso secolo ha rafforzato l'evidenza dell'influenza della tecnologia sulla percezione e cognizione umana. Negli ultimi anni, il dibattito sull'utilizzo diffuso della calcolatrice come strumento di calcolo per gli studenti di ogni ordine e grado, e non come strumento compensativo permesso solo a chi ha bisogni educativi speciali, rappresenta ancora un tema aperto nella scuola, ma l'avvento dei sistemi di intelligenza artificiale generativa ha incrementato la complessità del dibattito. Dalla calcolatrice all'intelligenza artificiale il passo è sostanziale perché si è passati da strumenti "passivi" – un libro o l'enciclopedia online, in cui il copia incolla del risultato era facilmente riconoscibile – agli strumenti "attivi", come le chatbot basate sui grandi modelli di linguaggio (LLM) e gli altri strumenti di intelligenza artificiale generativa, che si adattano alla richiesta e forniscono un risultato fortemente verosimile. In questo momento, è molto difficile discriminare tra un contenuto generato da un'intelligenza artificiale e uno realizzato da un umano, perché la qualità del linguaggio generato è sempre più sofisticata; infatti, i modelli di IA sono addestrati su grandi quantità di dati umani, e spesso mancano indicatori evidenti che differenzino l'origine del contenuto.

La prima sfida è educare e formare a utilizzare l'intelligenza artificiale, sia predittiva che generativa, per risolvere problemi complessi, poiché questo richiede la capacità di orientarsi, con il risultato prodotto dalla macchina, nella logica da utilizzare per confermare e validare la soluzione. Prendendo l'esempio di una diagnosi medica realizzata con un sistema conversazionale basato su un LLM, è necessario comprendere se la diagnosi generata e il relativo ragionamento probabilistico fatto dalla macchina è condivisibile e applicabile al paziente reale, che rappresenta un sistema molto più complesso di quello descritto dai soli risultati quantitativi delle analisi e dalle osservazioni qualitative fornite come input al sistema.

Una conseguenza delle considerazioni poste indirizza ad attivare un potenziamento cognitivo attraverso l'aumentazione dell'intelligenza umana con l'intelligenza artificiale, per creare l'intelligenza estesa. Per raggiungere questo risultato è necessario un cambio di paradigma sullo scopo della

tecnologia che, nell'ambito educativo e formativo, deve essere considerata prima di tutto come strumento per sviluppare il pensiero metacognitivo, critico, creativo, riflessivo e sistemico. "Riscoprire il pensiero umano scoprendo come pensano le macchine" racchiude sia la capacità critica di comprendere come pensano le macchine, che l'abilità di guardarsi dall'esterno per riconoscere i propri funzionamenti pensiero lento e veloce (Kahneman, 2011). Il filo rosso che mantiene collegati questi due poli è la competenza sistemica di mettere in relazione il proprio pensiero personale con quello collettivo e della macchina.

La possibilità di dialogare e confrontarsi con un LLM contenente un grande numero di relazioni tra concetti culturali, teorie scientifiche, dimensioni storiche, esperienze sociologiche, modelli economici, visioni politiche, stereotipi e pregiudizi, narrazioni e nozioni è un'opportunità incredibile per allenare il proprio pensiero in molteplici direzioni non convenzionali. Allo stesso tempo, la possibilità di confrontarsi con i meccanismi di pensiero dell'intelligenza artificiale predittiva permette di esplorare i limiti della computazione e la difficoltà di replicare la complessità del pensiero umano attraverso modelli matematici.

Le macchine oggi, grazie all'intelligenza artificiale, mettono in pratica modelli di pensiero e ragionamento più o meno sofisticati e sempre basati su regole matematiche. Inoltre, con l'intelligenza artificiale generativa si sta assistendo all'emergere di proprietà non previste, ma proprie dei sistemi complessi.

6.2. Lucy IA: un syllabus verso l'intelligenza estesa e ibrida

Con il syllabus Lucy IA si intende affrontare la seconda sfida: rimuovere le barriere tra le discipline e abitare la complessità (Ceruti, Bellusci, 2020). Per comprenderne il portato, è importante chiarire fin da subito la definizione di complessità alla base della progettazione del curriculum di intelligenza artificiale. Un sistema complesso è un insieme di numerosi elementi interconnessi che interagiscono in modo non lineare, generando comportamenti emergenti non prevedibili dall'analisi delle singole parti. Invece, un sistema complicato è sempre composto da molte componenti, ma può essere scomposto e compreso analizzando ciascuna parte individualmente, poiché le interazioni tra le parti sono lineari e prevedibili (Munari, 1981). Quando si analizza un sistema complesso, una delle criticità più importanti riguarda la salvaguardia delle caratteristiche di interconnessione non lineare tra gli elementi, pena la riduzione del sistema fino a renderlo complicato (Dominici, 2019).

Abitare la complessità diventa quindi una necessità del presente, perché la responsabilità di educare e dare uno scopo sostenibile, abilitante, inclusivo alle tecnologie intelligenti, soprattutto in ambito educativo e formativo, è un tema centrale nella sfida alla sopravvivenza della specie umana. Come la storia dell'intelligenza artificiale ci insegna, l'obiettivo di replicare artificialmente il pensiero umano richiede il contributo di diverse discipline, in una dinamica transdisciplinare. Dalla mitologia di Prometeo e Talos fino alle teorie moderne, ogni campo del sapere contribuisce a costruire una visione integrata della complessità che l'IA rappresenta. Quindi, per abitare con consapevolezza la complessità dell'intelligenza artificiale, è necessario riscoprire la propria composizione disciplinare. Questa caratteristica personale è dinamica e interagente con il contesto, ad esempio, la propensione matematica è strettamente legata alle competenze linguistiche grazie alla logica e alla capacità di riconoscere modelli e strutture. Questo esempio è vero anche al contrario ed è generalizzabile tra tutte le discipline, perché la dimensione di integrazione, in ottica olistica dell'umano (Dominici, 2016), supera la visione della persona come sistema modulare, in cui ogni elemento è intercambiabile.

Seguendo questo concetto, sviluppare la consapevolezza delle proprie attitudini disciplinari personali richiede un processo dinamico che è fortemente legato all'interazione collettiva. Questa dimensione di cooperazione è essenziale per utilizzare e comprendere l'intelligenza artificiale, come dimostrato dall'interdisciplinarità dei partecipanti e delle tematiche affrontate nella conferenza di Dartmouth.

Con il percorso didattico Lucy si propone un modello di apprendimento basato sul confronto collettivo, che avviene sfruttando come attivatore le attitudini e il talento personale nelle differenti discipline (Turkle, Papert, 1990). Ogni esperienza proposta è progettata per interconnettere differenti discipline e creare spazi di apprendimento prossimali da occupare e condividere con le compagne, i compagni e i docenti. Il tema delle esperienze educative conduce quindi alla terza sfida educativa integrata nel curriculum.

6.3. Lucy IA: stimolare un apprendimento basato sui problemi e sensoriale, supportato da un pensiero creativo

La progettazione delle unità di apprendimento che compongono il percorso Lucy IA segue il principio del laboratorio di Dewey e dei makers anticipatori italiani che, come abbiamo visto, è riconducibile alla teoria costruzionista. Le attività proposte hanno sempre componenti esperienziali di tipo analogico e digitale, per stimolare il processo di “pensare con le

mani”. Questo approccio cerca, quindi, di integrare la dimensione pratica e con quella riflessiva, per raggiungere un all’apprendimento esperienziale basato sul fare anche il pensare, che diviene opportunità metacognitiva.

Le attività artistiche e l’utilizzo di strumenti tecnologici, sia digitali che analogiche, formalmente e informalmente integrati nella pratica scolastica comune, sono utili a stimolare lo spirito creativo e immaginativo che risiede nei miti di Talos e del Golem. Queste leggende, insieme alla storia dello sviluppo dell’IA, sono utilizzati per stimolare lo stupore, il divertimento e la fascinazione come elementi di attivazione per l’apprendimento, la motivazione e la curiosità (Lucangeli, 2020).

Nel percorso Lucy IA, il processo di comprensione del funzionamento di base dei sistemi di apprendimento automatico inizia dalla scoperta del proprio immaginario personale, poi collettivo, dell’intelligenza artificiale. Questa attività, si riconnette al tema della prima sfida educativa e alla necessità di sviluppare consapevolezza tecnologica attraverso la metacognizione.

Oggi, l’immaginazione è una competenza molto importante per affrontare le sfide del presente e dei futuri possibili, ma deve essere controllata per evitare di perdersi nell’oceano della fantasia (Munari, 1977). La progettazione delle attività del curriculum ha cercato di guidare il pensiero immaginativo verso flussi focalizzati a risultati tangibili perché i sensi danno senso solo se guidati nel complesso percorso dell’apprendimento, a maggior ragione quando questo è aumentato dalla tecnologia. Le esperienze sono quindi progettate come laboratori pratici che portano a un risultato concreto, per rendere visibile e tangibile il processo di apprendimento e favorire una maggiore comprensione dei traguardi raggiunti.

Questa scelta rischia di accentuare l’ossessione per la concretezza, ovvero la tendenza a privilegiare risultati tangibili a scapito di processi astratti o teorici; tuttavia, ottenere un prodotto concreto è fondamentale per aiutare studentesse e studenti a percepire il processo di creazione e trasformazione che li ha coinvolti. Questo processo lega il pensiero, anche più astratto, a un artefatto che condensa molti elementi e qualità dell’azione riflessiva e generativa attuata. In questa ottica, i risultati di un’esperienza sono, in prima istanza, strumenti di autovalutazione e valutazione tra pari, e solo successivamente oggetti di valutazione da parte dei docenti. Inoltre, corredare l’artefatto con un commento o una presentazione, genera un arricchimento del contesto qualitativo da valutare, per superare la logica di riduzione della valutazione come indice solamente quantitativo, assumendo i tratti della valutazione formativa (Corsini, 2023). Le attività di presentazione e valutazione tra pari non sono mai considerate attività competitive, ma di confronto e arricchimento collettivo perché, come la storia dell’intelligenza artificiale insegna, i punti di vista sono molteplici e, spesso, non

esclusivi. Di conseguenza il tema della valutazione rimane una prospettiva sempre aperta all'interno di un curriculum sull'intelligenza artificiale che interconnette le discipline e usa la tecnologia come strumento abilitante e non compensativo, ma rappresenta l'opportunità attuale di tutti i sistemi educativi e formativi, oltre che di quelli produttivi in senso ampio, di rivedere e innovare il modello di valutazione della persona in un'ottica olistica.

In sintesi, il curriculum Lucy IA si fonda su un approccio sistemico che integra le dimensioni essenziali per un apprendimento profondo e inclusivo dell'intelligenza artificiale. Gli elementi chiave della progettazione educativa possono così essere ricondotti a tre pilastri, in forte relazione tra loro:

1. utilizzo della tecnologia come strumento abilitante del pensiero, attraverso una chiave metacognitiva che permette agli studenti di comprendere e gestire l'impatto della tecnologia sul proprio pensiero;
2. proposta di attività esperienziali e sensoriali, in grado di produrre evidenze tangibili dell'apprendimento attraverso un approccio transdisciplinare, che incoraggia gli studenti a esplorare e integrare conoscenze diverse;
3. collaborazione abilitante e inclusiva, concepita per permettere l'espressione delle caratteristiche individuali e collettive in un percorso per tutti e per ciascuno, valorizzando le diversità e promuovendo l'apprendimento in forme cooperative.

Questi tre pilastri si fondono per formare un'esperienza didattica che non solo risponde alle esigenze attuali dell'educazione, ma prepara studentesse e studenti a navigare e abitare la complessità del mondo digitale, sempre più intelligente.

6.4. Il framework di Lucy IA 2020-2025

Il percorso didattico LUCY si articola in tre moduli annuali che portano le studentesse e gli studenti a esplorare l'IA in modo graduale e completo (tab. 4). I moduli annuali sono tra loro interconnessi, con attività ponte che fungono da anticipazione per l'attività del modulo successivo:

- il primo è di “preparazione”;
- il secondo è di “partecipazione”;
- il terzo è di “elaborazione creativa”.

Questi nomi sono stati scelti per anticipare lo scopo di ogni fase del curriculum e intendono ripercorrere i passi già tracciati dell'evoluzione storica dell'intelligenza artificiale tra mito e scienza. In via preliminare, il

percorso coinvolge inizialmente allieve e allievi a livello personale, invitando a riflettere sulla propria conoscenza e percezione dell'intelligenza artificiale; successivamente, l'esperienza si amplia verso la condivisione e il confronto con i compagni e i docenti, favorendo una ricostruzione collaborativa del sapere e delle percezioni sull'intelligenza artificiale. L'incedere del percorso richiede di sviluppare nuove abilità e competenze: dal linguaggio specifico dell'IA alla programmazione, dalla logica alla base dei sistemi intelligenti alle fondamenta matematiche che rendono utilizzabili le tecnologie di intelligenza artificiale. Infine, nel modulo conclusivo, gli studenti sono chiamati a trasformare le loro conoscenze e competenze in un compito autentico, in cui devono applicare quanto appreso per realizzare un progetto in autonomia con il loro gruppo. In questo contesto, non solo utilizzano le conoscenze acquisite, ma esercitano la capacità di "imparare a imparare", sviluppando strategie di problem-solving e di pensiero critico utili a consolidare il loro ruolo attivo nel processo di apprendimento.

6.4.1. Il modulo di Preparazione

Questo primo modulo curricolare "prepara" il terreno cognitivo per l'armonizzazione dei concetti già acquisiti o da acquisire sui fondamenti culturali, storici e linguistici dell'intelligenza artificiale. Attraverso attività che indagano l'immaginario collettivo sull'IA, le studentesse e gli studenti esplorano come la nostra percezione dell'intelligenza artificiale sia modellata dalla cultura, dalla letteratura e dalla storia. Questo modulo amplia la prospettiva dell'IA, intesa non solo come tecnologia ma come specchio delle aspirazioni umane, e invita gli studenti a osservare l'IA come una costruzione simbolica e storica che rivela sia le potenzialità che i limiti del pensiero umano. Per rinforzare la costruzione di questa consapevolezza tecnologica, vengono proposte attività artistiche di creazione di una vignetta e di realizzazione di un racconto illustrato, con la proposta di una metodologia laboratoriale che si struttura man mano che la difficoltà realizzativa aumenta. Come attività ponte per anticipare il secondo anno si propone un'esperienza artistica mediata dal machine learning, che introduce i concetti chiave del secondo anno: l'algoritmo e il processo di apprendimento dei sistemi di apprendimento automatico.

6.4.2. Il modulo di Partecipazione

Il secondo modulo curricolare si ispira al pensiero socratico, sottolineando la costruzione partecipata del sapere attraverso il dialogo e l'in-

terazione. Questo modulo è focalizzato sulla dimensione STEM (Science Technology Engineering Mathematics) dell'intelligenza artificiale e guida studentesse e studenti in un percorso graduale e immersivo per comprendere la logica di funzionamento sottesa ai sistemi intelligenti, nello specifico il machine learning. Seguendo un approccio a imbuto rovesciato, il modulo parte dall'interazione con l'IA come una black box per poi, come in una matryoska, svelare passo dopo passo i vari livelli concettuali di funzionamento. Gli studenti iniziano utilizzando i sistemi di IA senza comprendere perché funzionano, ma acquisendo le competenze per usarli in modo efficace; successivamente, attraverso attività di programmazione a blocchi e di robotica educativa, approfondiscono il funzionamento interno dell'IA, fino ad arrivare ai numeri e ai principi di base logico-matematici che elaborano i dati. Il modulo trasforma concetti astratti in esperienze laboratoriali concrete e manipolabili, rendendo l'IA uno strumento di apprendimento attivo che favorisce il pensiero critico e sviluppa il pensiero computazionale. Come attività ponte per anticipare il terzo anno, si propone un piccolo progetto di realizzazione di un sistema di riconoscimento immagini, da realizzare con l'applicazione di strumenti e concetti già utilizzati, ma include una piccola attività di pianificazione e progettazione.

6.4.3. Il modulo di Elaborazione/Creazione

Il terzo e ultimo modulo del percorso, rappresenta il culmine del percorso didattico di Lucy IA, portando studentesse e studenti a elaborare e consolidare in modo collaborativo le conoscenze e competenze acquisite nei moduli precedenti. Questo modulo si focalizza sulla progettazione e realizzazione di un'attività di project work, in cui l'IA diventa un mezzo per risolvere problemi concreti e sfide pratiche, mettendo alla prova la capacità degli studenti di trasformare l'apprendimento teorico e pratico in un progetto compiuto. Il compito di realtà inizia con la partecipazione a due attività molto importanti: la comprensione di come funziona il cervello umano e l'esplorazione delle implicazioni etiche dell'adozione e utilizzo dell'intelligenza artificiale. Questi due momenti sono posti all'inizio del modulo per stimolare un pensiero critico che superi la dimensione scientifica approfondita durante il secondo anno e sfruttano metodologie come il gioco e la drammatizzazione. Successivamente, studentesse e studenti suddivisi in gruppi iniziano a lavorare al compito di realtà scelto seguendo una metodologia semplificata per guidarli nello sviluppo di un progetto e, in parallelo, è richiesto al gruppo di occuparsi anche di documentare l'attività che si sta svolgendo. Al termine dell'elaborazione, come attività conclusiva,

i progetti vengono raccontati attraverso una presentazione in modalità plenaria che mostri non solo la dimensione tecnica, ma anche le implicazioni del progetto realizzato. Questo modulo, quindi, non solo sviluppa capacità tecniche, ma stimola una riflessione più profonda sul potenziale e i limiti dei sistemi di IA, preparando gli studenti a un approccio consapevole e responsabile verso le tecnologie intelligenti.

Tab. 4 - Il curriculum di Lucy IA sviluppato nella Secondaria di Primo Grado dell'IC3 di Modena, dal 2020 al 2025

Principio/ Elementi curricolo	Preparazione				
Temi	1.1. Percezione dell'IA	1.2. Storia dell'IA	1.3. Vignetta dell'IA	1.4. Immaginiamo l'IA	1.5. L'Algoritmo Disegnato
Competenze	<p>Esplorare l'immaginario e le rappresentazioni comuni dell'IA.</p> <p>Riflettere su ciò che pensiamo dell'IA.</p> <p>Discutere su come viene percepita nel contesto culturale, tecnologico e mediatico l'IA.</p>	<p>Collaborare per ricostruire le tappe fondamentali nello sviluppo dell'intelligenza artificiale.</p> <p>Comprendere le radici dell'IA.</p> <p>Approfondire il concetto di "macchine pensanti" e il loro sviluppo nel tempo.</p>	<p>Riflettere sulla relazione tra uomo e tecnologia.</p> <p>Creare rappresentazioni grafiche e scenari dall'uso dell'IA.</p> <p>Progettare un fumetto con le illustrazioni create.</p>	<p>Inventare racconti illustrati di fantascienza in cui l'intelligenza artificiale è protagonista.</p> <p>Organizzare un testo e la sua struttura narrativa lo schema narrativo del "viaggio dell'eroe".</p> <p>Esplorare l'utilizzo di sistemi di intelligenza artificiale generativa per creare immagini originali.</p> <p>Sviluppare competenze di scrittura e prompt engineering.</p>	<p>Comprendere il concetto di algoritmo e la sua struttura sequenziale degli algoritmi.</p> <p>Applicare il concetto di algoritmo per realizzare immagini.</p> <p>Trasferire il concetto compreso al machine learning.</p> <p>Comprendere cosa significa allenare un modello che riconosca i disegni creati.</p> <p>Realizzare un dataset e osservare come l'IA apprende.</p>

<i>Discipline</i>	Storia Ita Tech	Storia Ita Tech	Storia Ita Tech Immagine	Storia Ita Mathe Tech Immagine	Ita Mathe Tech Immagine
<i>Principio/ Elementi curricolo</i>	<i>Partecipazione</i>				
<i>Tem</i>	2.1. La Logica dell'IA	2.2. Coding, Robot e IA	2.3. Machine Learning	2.4. La Matematica dell'IA	2.5. Gesture Robot Race (project work)
<i>Competenze</i>	<p>Comprendere e sperimentare le logiche deduttive e induttive.</p> <p>Comprendere e verificare meccanismi di ragionamento che guidano le decisioni dell'IA.</p>	<p>Comprendere la programmazione a blocchi e usare robot educativi.</p> <p>Costruire algoritmi semplici e ad aggiungere funzionalità di intelligenza artificiale.</p> <p>Comprendere applicare l'automazione "intelligente".</p> <p>Comprendere ed utilizzare l'interazione tra comandi umani e risposta del robot.</p>	<p>Comprendere e riconoscere le il funzionamento del machine learning.</p> <p>Realizzare un dataset di immagini e allenare un modello a riconoscere.</p> <p>Classificare tipologie di testi per rendere un modello affidabile e di qualità.</p>	<p>Apprendere e riconoscere il processo di apprendimento generale del sistema di machine learning.</p> <p>Raccogliere dati e misure e rappresentarli su un grafico a dispersione.</p> <p>Connettere le conoscenze tematiche pregresse per comprendere la proporzionalità diretta e inversa.</p> <p>Stimare valori ed esplorare intuitivamente la correlazione tra variabili e riconoscere come la matematica supporta l'IA nel fare previsioni.</p>	<p>Progettare un sistema di controllo robotico basato sul riconoscimento gestuale.</p> <p>Utilizzare software di programmazione a blocchi.</p> <p>Addestrare un modello per riconoscere azioni specifiche.</p> <p>Applicare le competenze sviluppate in un nuovo progetto.</p>

<i>Discipline</i>	Ita Mathe Tech	Ita Mathe Tech	Ita Mathe Tech	Ita Mathe Tech	Ita Mathe Tech
<i>Principio/ Elementi curricolo</i>	<i>Elaborazione</i>				
<i>Tem</i>	3.1. Neuroscienze in Azione		3.2. Etica dell'IA		3.3. Crea e applicare l'IA per il sociale
<i>Competenze</i>	<p>Esplorare il funzionamento dell'intelligenza artificiale e del cervello umano.</p> <p>Comprendere e riconoscere concetto di rete neurale e applicarlo per definire differenze e somiglianze tra cervello umano e sistemi di IA.</p> <p>Comprendere e sviluppare una prospettiva critica sui limiti e le potenzialità dell'IA.</p>		<p>Riconoscere e interpretare le implicazioni etiche e sociali dell'utilizzo dell'intelligenza artificiale.</p> <p>Comprendere il significato della privacy, dell'autonomia, della responsabilità e dell'impatto dell'IA sulle decisioni umane e definire gli elementi di regolamentazione.</p> <p>Rappresentare scenari etici legati all'IA, esprimendo visivamente le situazioni e le sfide che l'uso di tali tecnologie comporta.</p> <p>Applicare il pensiero critico, il pensiero riflessivo e il pensiero etico, per comprendere l'IA non solo come uno strumento tecnologico ma anche come tecnologia di influenza sulla società e sulla vita delle persone.</p>		<p>Realizzare un progetto complesso che utilizzi l'IA per risolvere un problema concreto nell'ambito sociale, ecologico e della sostenibilità.</p> <p>Progettare e implementare un sistema di IA applicando quanto appreso per affrontare il problema.</p> <p>Presentare e argomentare le scelte implicate nelle proposte sociali, per riflettere sugli impatti che il sistema potrebbe causare oltre la dimensione tecnica.</p>
<i>Discipline</i>	Storia Ita Scienze Mathe Tech	Storia Ita Scienze Mathe Tech	Storia Ita Scienze Mathe Tech		

6.4.4. *L'organizzazione del curriculum Lucy IA*

In sintesi, nella proposta del curriculum Lucy IA articolato nella tab. 4, sono riconoscibili i tratti della proposta AI CFS dell'UNESCO (2024), seppur sviluppato in un tempo antecedente.

Attraverso i tre moduli annuali, gli elementi fondamentali dei principi del funzionamento dell'IA sono esplorati in modo graduale e approfondito. Il percorso curricolare inizia dall'attivazione di ciascuna allieva e ciascun allievo, per riflettere sulla propria conoscenza e percezione dell'intelligenza artificiale, e allargare lo scenario dei significati e delle rappresentazioni attraverso la discussione, la condivisione e il confronto, favorendo una co-costruzione del sapere e delle convinzioni sull'intelligenza artificiale. Il secondo modulo intende sviluppare nuove informazioni e competenze: dal linguaggio specifico dell'IA alla programmazione, dalla logica alla base dei sistemi intelligenti alle fondamentali matematiche che rendono utilizzabili le tecnologie di intelligenza artificiale. Infine, nel terzo modulo, allieve e allievi affrontano un compito autentico, in cui devono applicare quanto appreso per realizzare un progetto in autonomia e collaborazione per il bene sociale (AI4SG). In questo contesto, non solo è necessario utilizzare le conoscenze apprese, ma viene richiesto di esercitare la capacità di “imparare a imparare,” sviluppando strategie di problem-posing, di problem-solving, di pensiero critico, di pensiero riflessivo, di pensiero creativo e di pensiero sistemico per svolgere il progetto in modo coerente con quanto appreso.

I tre moduli annuali, quindi, sono stati progettati per richiedere delle interconnessioni, con attività che fungono da anticipazione per l'attività del modulo successivo.

La struttura del curriculum Lucy IA espone alcune caratteristiche organizzative naturalmente riferite alla realtà scolastica da cui nasce². Il percorso didattico si è articolato attraverso i seguenti elementi (tab. 5):

2. La scuola secondaria di primo grado Mattarella dell'Istituto Comprensivo 3 di Modena. Questa scuola ha adattato successivamente ri-articolato sviluppato il modello educativo DADA (Didattiche per Ambienti di Apprendimento) con l'obiettivo di promuovere autonomia, responsabilità e un maggiore coinvolgimento cognitivo di studentesse e studenti.

Tab. 5 - Scelte organizzative del curriculum di Lucy IA

<i>Elemento</i>	<i>Descrizione</i>
<i>Modularità (tre)</i>	Ogni modulo è composto da sette incontri che si svolgono nella seconda metà quadrimestre.
<i>Incontri (club)</i>	I club di IA si svolgono durante il rientro pomeridiano curricolare, dalle 14:00 alle 16:00. I club di IA sono partecipati dalla metà di alunni e alunne che compongono la classe; quindi ogni periodo del quadrimestre considerato, prevede in parallelo un percorso per la prima metà della classe e uno per la seconda metà (i club sono quindi in un numero doppio delle classi).
<i>Sezioni</i>	Tutte le sezioni e tutte le annualità partecipano al percorso didattico.
<i>Rapporto docente/allievi</i>	Il rapporto docente-studenti è di circa 1:12.
<i>Spazi</i>	Il percorso curricolare si svolge negli spazi scolastici, utilizzando materiali forniti dalla scuola. Ogni aula nella quali si svolge il club IA è dotata di una lavagna digitale e un computer, oltre a banchi e sedie organizzati per il lavoro individuale e di gruppo. Allieve ed allievi utilizzano il proprio dispositivo connesso alla rete scolastica, secondo la strategia tecnologica Bring Your Own Device (BYOD, ovvero porta il tuo dispositivo).
<i>Valutazione</i>	Al termine di ogni modulo: a) autovalutazione e riflessione sul percorso svolto, con domande aperte, ispirate dal modello della SWOT analisi (punti di forza, punti di debolezza, opportunità, minacce); b) valutazione delle attività di allieve e allievi da parte dei docenti, secondo il modello in uso nella scuola (indicatori e rubriche di valutazione).
<i>Interdisciplinarietà</i>	Ciascun modulo è curato da un docente specifico e l'aula viene allestita con i materiali e le strumentazioni necessarie per realizzare le esperienze didattiche dell'anno. Il percorso è progettato in forma modulare, utilizzando la matrice logica dei Learning Object: ogni unità didattica di apprendimento è auto-consistente.

Primo Anno - Modulo di Preparazione

UDA 1.1 - Percezione dell'IA (1 incontro)

Questa attività introduce gli studenti all'intelligenza artificiale esplorando l'immaginario collettivo e le rappresentazioni comuni dell'IA. Gli studenti riflettono e discutono su ciò che pensano dell'IA e su come viene percepita nel contesto culturale, tecnologico e mediatico. Lo scopo è sviluppare una consapevolezza critica e confrontare la realtà con le rappresentazioni più o meno stereotipate.

UDA 1.2 - Storia dell'IA (1 incontro)

In questa attività, gli studenti collaborano per costruire una linea del tempo che ripercorre le tappe fondamentali nello sviluppo dell'intelligenza artificiale. Questo percorso storico offre una prospettiva sull'evoluzione tecnologica e consente agli studenti di comprendere le radici dell'IA, approfondendo come il concetto di “macchine pensanti” sia stato sviluppato nel tempo.

UDA 1.3 - Vignetta con il Bestiario di IA (2023) (1 incontro)

Questa attività invita gli studenti a riflettere sulla relazione tra uomo e tecnologia attraverso la creazione di vignette. Inizialmente, viene presentato il concetto di bestiario applicato all'intelligenza artificiale, in cui diverse “bestie” rappresentano tecnologie di IA con caratteristiche uniche. Dopo una breve introduzione, gli studenti sono sfidati a creare una vignetta che rappresenti una situazione in cui una di queste bestie ha interagito con il mondo reale, suscitando emozioni o stupore. Gli scenari possono essere verosimili o immaginari, ma devono nascere da usi concreti dell'IA. L'attività prevede un lavoro di gruppo in cui ciascun membro contribuisce a ideare, progettare e illustrare la vignetta, scegliendo stile e struttura. Le vignette possono utilizzare elementi stilizzati, come meme o strutture a griglia tipiche dei fumetti, per facilitare la rappresentazione della scena scelta e coinvolgere i lettori nella riflessione.

UDA 1.4 - Immaginiamo l'IA (3 incontri)

In questa attività, gli studenti divisi in gruppi creano racconti illustrati di fantascienza in cui l'intelligenza artificiale è protagonista, seguendo lo schema narrativo del “viaggio dell'eroe”. Ogni gruppo utilizza strumenti analogici per costruire la struttura narrativa, stimolando l'immaginazione e facilitando lo sviluppo della storia. Successivamente, gli studenti elaborano le illustrazioni per accompagnare il racconto, esplorando l'utilizzo di sistemi di intelligenza artificiale generativa per creare immagini originali. Questa combinazione di scrittura creativa e tecnologie innovative permette di ipotizzare scenari futuri e considerare l'impatto dell'IA sulla società e sulla vita quotidiana, oltre che sviluppare competenze di scrittura e prompt engineering.

UDA 1.5 - L'Algoritmo Disegnato (1 incontro, attività ponte per il secondo anno)

Questa attività introduce agli studenti il concetto di algoritmo attraverso il disegno, utilizzando la rappresentazione grafica di volti cartoon per comprendere la struttura sequenziale degli algoritmi. Guidati da un video tutorial di disegno, gli studenti realizzano quattro volti cartoon seguendo

un algoritmo passo per passo. Successivamente, l'attività si collega al machine learning utilizzando la Teachable Machine di Google per allenare un modello che riconosca i disegni creati. Gli studenti imparano così a costruire un dataset e osservano come l'IA apprenda dagli esempi per identificare i volti disegnati, collegando in modo pratico e visivo il concetto di algoritmo e apprendimento automatico.

Secondo Anno - Modulo di Partecipazione

UDA 2.1 - La Logica dell'IA (1 incontro)

Attraverso giochi di società e attività interattive, gli studenti sperimentano logiche deduttive e induttive che sono alla base del funzionamento dell'intelligenza artificiale. Questa attività consente loro di comprendere i meccanismi di ragionamento che guidano le decisioni dell'IA, rendendo tangibili concetti astratti come regole, condizioni e inferenze.

UDA 2.2 - Coding, Robot e IA (3 incontri)

Questa attività introduce gli studenti alla programmazione a blocchi e all'uso di robot educativi. Dopo una breve introduzione alle funzionalità di base del software di programmazione, gli studenti imparano a costruire algoritmi semplici e ad aggiungere funzionalità di intelligenza artificiale tramite dei blocchi che forniscono dei "Servizi Cognitivi". In particolare, programmano il robot per eseguire movimenti e rispondere a comandi vocali, oppure usano il riconoscimento visivo per tentare un rispecchiamento emotivo. Attraverso queste attività, scoprono come l'IA renda possibile l'automazione "intelligente" e approfondiscono l'interazione tra comandi umani e risposta del robot, esplorando il potenziale dell'automazione come tecnologia di supporto.

UDA 2.3 - Machine Learning con Immagini e Testi (1 incontro)

In questa attività, gli studenti entrano nei blocchi dei servizi cognitivi che riconoscono immagini e testi per comprenderne il funzionamento ad alto livello. Nella prima parte, realizzano un dataset di immagini, ad esempio "cani" e "gatti" e allenano il modello a riconoscere nuove immagini; successivamente, passano alla classificazione di testi per realizzare un esempio di classificazione analogo a quello delle immagini. Questa esperienza introduce il concetto di apprendimento supervisionato e l'importanza della qualità dei dati nella costruzione di un modello affidabile.

UDA 2.4 - La Matematica dell'IA (1 incontro)

Questa attività introduce i concetti matematici di base del machine learning, per approfondire il processo di apprendimento generale di ap-

prendimento di un sistema di machine learning. L'esperienza proposta si focalizza sulla regressione lineare per collegarsi alle conoscenze matematiche pregresse di proporzionalità diretta e inversa. Gli studenti iniziano raccogliendo dati di misure corporee (come palmo della mano e lunghezza del braccio) e li inseriscono in un foglio di calcolo. Successivamente, rappresentano i dati su un grafico a dispersione e tracciano una linea di tendenza per stimare valori. Attraverso domande guida, esplorano intuitivamente la correlazione tra variabili e scoprono come la matematica possa supportare l'IA nel fare previsioni.

UDA 2.5 - Mini Project Work: Gesture Robot Race (1 incontro, attività ponte per il terzo anno)

In questa attività, gli studenti progettano un sistema di controllo robotico basato sul riconoscimento gestuale, utilizzando un software di programmazione a blocchi con un'estensione specifica di riconoscimento immagini. In piccoli gruppi, addestrano un modello per riconoscere gesti specifici e utilizzano il modello per guidare un robot in una gara di movimento. L'obiettivo è applicare le competenze sviluppate durante l'anno e implementarle con una semplice, ma non banale, attività progettuale.

Terzo Anno - Modulo di Elaborazione

UDA 3.1 - Neuroscienze in Azione (1 incontro)

Questa attività esplora il funzionamento dell'intelligenza artificiale in parallelo con il cervello umano. Gli studenti partecipano a una lezione dialogata sulle basi delle neuroscienze, sviluppata con il supporto di esperti universitari. Vengono affrontati argomenti come la struttura e il funzionamento del cervello umano, le differenze e le somiglianze tra il cervello e i sistemi di IA, e il concetto di rete neurale. Questa introduzione alle neuroscienze permette agli studenti di comprendere meglio le basi biologiche del pensiero umano e di sviluppare una prospettiva critica sui limiti e le potenzialità dell'IA.

UDA 3.2 - Etica dell'IA (1 incontro)

In questa attività, gli studenti riflettono sulle implicazioni etiche e sociali dell'intelligenza artificiale attraverso discussioni guidate e rappresentazioni sceniche. Vengono affrontati temi come la privacy, l'autonomia, la responsabilità e l'impatto dell'IA sulle decisioni umane. Gli studenti, organizzati in gruppi, lavorano alla rappresentazione di scenari etici legati all'IA, esprimendo visivamente le situazioni e le sfide che l'uso di tali tecnologie comporta. Questa attività incoraggia la consapevolezza critica e

il pensiero etico, stimolando gli studenti a considerare l'IA non solo come uno strumento tecnologico ma anche come un elemento che può influenzare la società e la vita delle persone.

UDA 3.3 - Project Work Finale di IA (5 incontri)

L'attività conclusiva del percorso LUCY prevede la realizzazione di un progetto completo che utilizza l'intelligenza artificiale per risolvere un problema concreto nell'ambito dell'ecologia e della sostenibilità. Gli studenti, divisi in gruppi, ideano, progettano e implementano un sistema di IA, partendo dalla comprensione e studio necessari per approcciare il problema e i nuovi strumenti a disposizione. Successivamente, il processo si sviluppa seguendo le fasi di progettazione, realizzazione e, in concomitanza, quella di documentazione dello sviluppo del progetto. Al termine, ciascun gruppo presenta il proprio progetto alla classe, condividendo le sfide affrontate e le soluzioni adottate, e riflette sugli impatti che il sistema potrebbe causare oltre la dimensione tecnica. Questa esperienza permette agli studenti di consolidare le competenze tecniche e critiche acquisite, promuovendo la capacità di applicare l'IA in contesti reali e di valutare l'impatto del loro lavoro.

6.5. Se l'intelligenza artificiale non esiste... Oltre l'IA: agency, cittadinanza, democrazia

«L'intelligenza artificiale non esiste! Esistono straordinarie, potentissime tecnologie, che nelle mani di un'intelligenza umana capace, potranno fare delle cose straordinarie. Per questi motivi è fondamentale investire nella formazione, per consentire alle giovani generazioni di gestire queste nuove tecnologie, potentissime, nel modo migliore: in modo informato, critico e intelligente» (Floridi, 2025). L'affermazione appare molto coerente con quanto emerge come prospettiva interpretativa dell'IA, nella sua nuova estate; nel tentativo di una definizione dell'IA, possiamo individuare quell'evoluzione considerata da Floridi. «An AI system is a machine-based system that, for explicit or implicit objectives, infers, from the input it receives, how to generate outputs such as predictions, content, recommendations, or decisions that can influence physical or virtual environments. Different AI systems vary in their levels of autonomy and adaptiveness after deployment» (OECD, 2024, p. 14).

Dalla prospettiva di una possibile simulazione totale dell'intelligenza umana del gruppo di Minsky e McCharty, probabilmente grazie ai ripetuti innesti dalla ricerca e dal dibattito scientifico, l'IA è definita come con-

dizione operativa, modulare e contestuale, un sistema che elabora degli input, restituisce output (anche con una quantità elevata di inferenza) e interagisce con ambienti reali o virtuali, all'interno di un ventaglio di autonomia e adattività. Appare più evidente una riduzione dell'IA ad una potente realtà tecnica e applicativa laddove – pur operando con essa anche in forme sempre più sofisticate – vi è necessità di definire sistemi che corrono con dei guardrail condivisi e trasparenti.

La consapevolezza è che, a differenza di tutte quelle che l'hanno preceduta, l'IA sia una tecnologia di una potenza estrema e al tempo stesso difficilmente visibile: «per questo qualcuno (sbagliando), la assimila a un automa capace di agire magicamente, di prendere coscienza e soppiantare l'uomo; un'IA di questo tipo non è neppure futuribile: semplicemente non esiste» (Ferrari, 2023, p. 12). Una IA oggi è spesso un agente (fisico o virtuale) che agisce sul mondo, dove l'effetto sugli ambienti fisici o virtuali – direttamente o indirettamente – evidenzia la realtà, attraverso le applicazioni di IA – robot, veicoli autonomi, agenti digitali, ambienti simulati; «l'IA esegue con successo un compito solo se può slegare la sua esecuzione dall'essere intelligente nell'eseguirlo» (Floridi, 2022, p. 34).

Occorre quindi andare oltre i luoghi comuni, rivedere didattiche – ancora molto lontane dall'incarnare principi basati sugli esiti della ricerca – esplorare nuovi contenuti della formazione (degli insegnanti) e sue forme organizzative, l'assetto stesso delle scuole, “ordinariamente” ispirata e strutturata dalla laboratorialità (del making-tinkering-coding). E cogliere l'opportunità del “digitale” dell'IA per evitare errori già commessi nel passato, rispetto al “digitale vecchio stampo”. Ci riferiamo, per esempio, alla metanalisi di Forsström (2025), con la quale viene esaminato l'impatto di una serie di strumenti digitali sugli esiti di apprendimento degli studenti. Le evidenze mostrano che il semplice accesso alla tecnologia non garantisce di per sé un miglioramento sia negli apprendimenti che nell'educazione di atteggiamenti costruttivi. Quello che è rilevante, al contrario, è l'utilizzo di didattiche pertinenti guidate da direzione pedagogica. Una digitalizzazione efficace, quindi, richiede un'idea di apprendimento, di studente, di scuola, di interdisciplinarietà (o co-disciplinarietà) e non solamente di “invasione” tecnologica.

Se l'intelligenza artificiale non esiste ma esistono straordinarie potenzialità tecnologiche, e la didattica permane scienza necessaria per trasformare i contesti verso più elevate cifre di apprendimenti, la formazione degli insegnanti è ancora una volta considerata la chiave di volta per il miglioramento: «basata sull'IA e l'apprendimento professionale continuo offre opportunità per migliorare le pratiche didattiche e affrontare le disparità educative. La mediazione degli insegnanti è fondamentale per massimizza-

re molti dei benefici degli strumenti di IA, sottolineando la necessità di un apprendimento professionale continuo legato all'IA» (OECD, 2024, p. 37). In questa direzione si sono avviati molti Ministeri delle nazioni europee, raggiungendo la meta di realizzare linee guida sull'inserimento dell'IA nell'educazione, non generiche e riformulate sull'EU – AI Act (2024), bensì sull'aggiornare i curricula per preparare gli studenti a un futuro influenzato dall'IA, dall'enfatizzare il pensiero critico e le considerazioni etiche, e promuovere una cultura della sperimentazione e della valutazione continua come pratica formativa (OECD, 2024). «Per comprendere le applicazioni e le implicazioni dell'IA per l'istruzione, sia gli educatori che gli studenti hanno bisogno di nuove competenze, anche quelle di base in materia di IA e di alfabetizzazione ai dati. Gli istituti di istruzione e formazione devono essere consapevoli delle opportunità e delle sfide derivanti dall'IA» (Com, 2020, par. 166).

Se l'intelligenza artificiale non esiste, ma ci sono nuovi strumenti molto potenti che pervadono anche il campo educativo, allora quali potrebbero essere le questioni nuove sulle quali posare lo sguardo o che rimangono inalterate e che andrebbero potenziate rispetto alla portata strumentale innovativa? Cosa oltre l'IA?

L'organizzazione curricolare orientata all'educazione “classica” del pensiero – riflessivo, critico, computazionale (logico), creativo – parrebbe irrinunciabile innanzi alle possibili derive di un adattamento a-critico sulle inferenze generate dagli algoritmi (cfr cap. 2). Viene richiesto, però, un atteggiamento seriamente orientato agli esiti della ricerca per rivedere le forme della didattica in prospettiva innovativa, già presenti per altro nella ricerca educativa e nel pensiero pedagogico ma spesso declassate a semplicistiche sfumature attivistiche. In alcuni avversate poiché non sufficientemente “disciplinate”.

Lo sviluppo dell'intelligenza umana attraverso l'interazione con le potenti tecnologiche predittive dell'IA è probabilmente una prospettiva che, attraverso l'educazione delle forme di pensiero “classiche”, assume il flusso dell'apporto degli algoritmi nell'educazione e nella didattica. Come ci ricorda la ricerca neuroscientifica, il potenziale dell'intelligenza umana è incrementale, e quindi l'azione con e su strumenti plurali permette di espanderla. Gli esiti delle domande, degli scenari con i quali si interrogano gli algoritmi invisibili delle chatbot (i prompt), delle condizioni che si indagano considerando la predittività degli algoritmi, sono interazioni – frutto di molteplici iterazioni – con le quali l'intelligenza umana collabora con la tecnologia emergente “to influence physical or virtual environments”.

Ma tutto il potenziale che possiamo riconoscere e intravedere, non può rendere subalterno il paradigma corporeo: «le condizioni corporee e

del sistema cervello-mente, unitamente ai sistemi emozionali, sono condizioni per sostenere ogni processo di apprendimento» (Gallese, Morelli, 2024, p. 99). E, come ci ricordano gli stessi scienziati, «non vi è alcuna trasmissione di informazione tra due esseri viventi non sostenuta da una danza che crea o, come avrebbe sostenuto Varela (1987), senza un accoppiamento strutturale che dà vita all'apprendimento come proprietà emergente da autonomie in relazione che, grazie all'intersoggettività, si approssimano e si adattano in uno spazio interpersonale» (Gallese, Morelli, 2024, p. 101). È in questo contesto appena descritto – mantenendo senso e significato – che potrebbe essere introdotta l'ipotesi della “co-intelligenza” (Schleiger et al., 2024), come forma di intelligenza emergente dalla collaborazione tra esseri umani e macchine, capace di integrare e combinare le capacità caratterizzate dell'umano e delle tecnologie digitali, dove emerge che l'apprendimento è potenziato dalla collaborazione, dalla diversità delle intelligenze (plurali) e dall'uso di tecnologie e metodologie innovative. Il che aprirebbe all'ulteriore considerazione che la “co-intelligenza” è presente già nella vita degli esseri umani e del loro abitare e vivere gli ecosistemi, con il principio dell'accoppiamento strutturale di Maturana e Varela (1985).

L'agency diverrebbe, a questo punto, una categoria educativa da considerare tra le parole chiave del curriculum. Il principio di agency definisce il potere di perseguire tutti gli obiettivi e i valori che una persona si prefigge, che siano o meno collegati al suo stesso benessere (Sen, 1992, p. 56). L'agency è centrale nella concezione che Sen ha degli esseri umani come «agenti che possono pensare e agire, non semplicemente pazienti che hanno bisogni da soddisfare» (Sen, 2013, p. 8). Di conseguenza, l'agency non comporta soltanto il potere di agire, ma anche la libertà di autodeterminazione, attraverso la quale le persone possono partecipare attivamente per dar forma alla propria vita, individuale e collettiva, esprimendo e facendo valere i propri valori, piuttosto che limitarsi a subire le circostanze o le azioni degli altri (Sen, 1999, p. 11). Il potere di agire è accoppiato strutturalmente con quelle “capacità combinate” – soggetti/contesti – che Nussbaum (2011) individua come condizione di opportunità che andrebbe perseguita – e organizzata – attraverso scelte contestuali (per esempio l'organizzazione dei contesti per l'apprendimento oppure l'emanazione di norme e di leggi coerenti allo sviluppo del potenziale di azione). L'elaborazione del curriculum è uno degli elementi normativi che possono disegnare l'opportunità di formare le condizioni per l'espressione del principio di agency.

L'IA e l'utilizzo degli strumenti che ne derivano, segna profondamente la potenzialità di agire. Di conseguenza, quando si progetta un curriculum per l'agency, sarebbe opportuno combinare i contenuti da apprendere con il

riconoscimento degli studenti come agenti, con l'obiettivo finale di migliorare i loro risultati accademici, stimolare il loro sviluppo personale e rafforzarli come agenti di cambiamento (OECD, 2019). Introdurre e utilizzare gli strumenti dell'IA nei contesti di apprendimento richiede una necessaria coerenza tra la logica prevista per raggiungere il profilo finale e l'organizzazione dei contesti aumentati dalle dotazioni strumentali con i quali sostenere e formare l'agency individuale e collettiva, come potere di agire verso il perseguimento della propria traiettoria esistenziale. Zimmerman (2024) delinea l'agency come potere di autodeterminazione e forza di partecipazione, a loro volta orientate dall'aspirare, ovvero dal guardare avanti verso qualcosa che ancora non esiste e che deve essere costruito, sia in modo conservativo – riproducendo ciò che è già dato – sia in modo innovativo – rompendo gli schemi. Agency e capacità di aspirare a, definiscono la libertà e il potere di concepire fini desiderabili e orientati al futuro, tanto per sé quanto per la collettività.

Il concetto di student agency, così come inteso nel contesto, si fonda sul principio che gli studenti hanno la capacità e la volontà di influenzare positivamente la propria vita e il mondo che li circonda; il concetto viene dunque a definirsi come la capacità di fissare un obiettivo, riflettere e agire responsabilmente per produrre cambiamento. Si tratta di agire piuttosto che subire l'azione; plasmare piuttosto che essere plasmati; prendere decisioni e scelte responsabili piuttosto che accettare quelle determinate da altri (OECD, 2019).

Quando gli studenti sono agenti del proprio apprendimento, ossia quando assumono un ruolo attivo nel decidere che cosa e come apprendere, tendono a mostrare una maggiore motivazione e sono più inclini a definire obiettivi per il proprio percorso formativo (Fabbri, 2025).

La trasformazione morfologica dell'agire nel tempo dell'IA e del digitale avanzato introduce la questione della democrazia. Sappiamo, con Dewey (1916, p. 87), che la «democrazia è molto di più di una semplice forma di governo, è soprattutto un modo di vivere associato, di esperienza comunicata congiuntamente». Dunque l'accento viene posto nella forma del vivere associato, che presuppone più un'idea di dialogo, di partecipazione, di confronto, di interesse per la cosa pubblica e il bene comune che si sviluppa all'interno di un contesto storico socio-culturale. In quanto esperienza continuamente comunicata, viene considerata la dinamica processuale che la democrazia richiede, ovvero la necessità di rimotivarne continuamente il senso e il significato attraverso l'agire sociale. Il tempo storico del digitale avanzato e dell'IA ridefiniscono anche la forma dell'agire in democrazia (Floridi, 2022, p. 32). Da questo punto di vista, la scuola educa ancora alla democrazia e alla sua ri-motivazione ricorsiva? È orientata allo

sviluppo delle intelligenze di tutte e di tutti, anche se potessimo utilizzare come sinonimo il principio di “talenti”? Quanto avviene nelle classi è orientato allo sviluppo del potenziale di agire per tutte e per tutti? Sono davvero rimosse le cause ostative al compiersi di una scuola che considera tutte le differenze senza preporle come causa di marginalità e origine delle dispersioni? Quanto siamo avanzati nell'educazione, rispetto all'analisi di Dewey (1916, p. 19) ovvero “il dare maggior peso all'attività, all'espressione, all'autogoverno: tutti questi non sono meri accidenti, sono necessità dell'evoluzione sociale più progredita. Fare questo significa trasformare ciascuna delle nostre scuole in una embrionale comunità di vita, esplicantesi mediante tipi di occupazione che riflettano la vita più grande della società e permeata nel profondo dallo spirito dell'arte, della storia e della scienza. Quando la scuola farà di ogni ragazzo un membro di questa piccola comunità, lo avrà provveduto degli strumenti di un effettivo autogoverno, avremo la più profonda e migliore garanzia di una più grande società rispettabile, amabile, armonica”.

Bibliografia

- Ammagamma (2020). Link: <https://magazine.ammagamma.com/syllabus-lucy-scuola>.
- Ammagamma (2023), *Bestiario di intelligenza artificiale* (con illustrazioni di F. Fiocchi), Franco Cosimo Panini, Modena.
- Batini, F., Barbisoni, G., Pera, E., Toti, G., Sposetti, P., Szpunar, G., Scipione, L. (2020), “Un modello di analisi delle domande aperte nell'indagine nazionale SIRD sulla didattica a distanza durante l'emergenza Covid-19”, *RicercaAzione*, 12(2), pp. 47-71.
- Bertoletti, A., Soncin, M., Cannistrà, M., Agasisti, T. (2023), “The educational effects of emergency remote teaching practices – The case of covid-19 school closure in Italy”, *PLoS One*, 18(1), e0280494.
- Ceruti, M., Bellusci, F. (2020), *Abitare la complessità. La sfida di un destino comune*, Mimesis, Milano-Udine.
- Commissione Europea (2020), *Piano d'azione per l'istruzione digitale 2021-2027. Ripensare l'istruzione e la formazione per l'era digitale*, UE, Bruxelles.
- Corsini, C. (2023), *La valutazione che educa: liberare insegnamento e apprendimento dalla tirannia del voto*, FrancoAngeli, Milano.
- Dominici, P. (2016), “L'utopia Post-Umanista e la ricerca di un Nuovo Umanesimo per la Società Ipercomplessa”, *Comunicazioni Sociali*, 3.
- Dominici, P. (2019), *Dentro la Società interconnessa. La cultura della complessità per abitare i confini e le tensioni della civiltà ipertecnologica*, FrancoAngeli, Milano.

- EU (2024), *Regolamento (UE) 2024/1689 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 13 giugno 2024, che stabilisce regole armonizzate sull'intelligenza artificiale*, EU, Bruxelles.
- Fabbri, M. (2025), *Dall'empowerment all'agency pedagogico-trasformativa. Prospettive di ricerca e linee per l'azione didattica*, FrancoAngeli, Milano.
- Fang, C. M., Liu, A. R., Danry, V., Lee, F., Chan, S. W. T., Pataranutaporn, P., Maes, P., Phang, J., Lampe, M., Ahmad, L., Agarwal, S. (2025), "How AI and Human Behaviors Shape Psychosocial Effects of Chatbot Use: A Longitudinal Controlled Study", *arXiv:2503.17473v1*.
- Ferrari, F. (2023), *L'intelligenza artificiale non esiste. Nessun senso salverà le macchine*, Il Sole 24 Ore, Milano.
- Floridi, L. (2022), *Etica dell'intelligenza artificiale. Sviluppi, opportunità, sfide*, Raffaello Cortina, Milano.
- Floridi, L. (2025). Link: www.youtube.com/watch?v=Lx-8r0l2rUQ-.
- Forsström, S. et al. (2025), "The impact of digital technologies on students' learning: Results from a literature review", *OECD Education Working Papers*, n. 335, OECD Publishing, Paris.
- Gallese, V., Morelli, U. (2024), *Cosa significa essere umani?*, Raffaello Cortina, Milano.
- Hogan, M., Barton, A., Twiner, A., James, C., Ahmed, F., Casebourne, I., Steed, I., Hamilton, P., Shi, S., Zhao, Y., Harney, O., Wegerif, R. (2023), "Education for collective intelligence", *Irish Educational Studies*, 44, pp. 137-166.
- Kahneman, D. (2011), *Thinking, Fast and Slow*, Allen Lane, London.
- Kosmyna, N., Hauptmann, E., Yuan, Y. T., Situ, J., Liao, X. H., Beresnitzky, A. V., Maes, P. (2025), "Your brain on chatgpt: Accumulation of cognitive debt when using an ai assistant for essay writing task", *arXiv preprint arXiv:2506.08872*.
- Li, L., Yu, F., Zhang, E. (2024), "A systematic review of learning task design for K-12 AI education: Trends, challenges, and opportunities", *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6, p. 100217.
- 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*, pp. 1-16.
- Lucangeli, D. (2019), *Cinque lezioni leggere sull'emozione di apprendere*, Erickson, Trento.
- Lucisano, P., de Luca, A. M., Zanazzi, S. (2021), *Le risposte degli insegnanti all'emergenza COVID-19*, in *La DaD in emergenza: vissuti e valutazioni degli insegnanti italiani. Scelte metodologiche e primi risultati nazionali*, Pensa MultiMedia, Lecce, 1pp. 3-51.
- Mascheroni, G., Saeed, M., Valenza, M., Cino, D., Dreesen, T., Zaffaroni, L. G., Kardefelt-Winther, D. (2021), *La didattica a distanza durante l'emergenza COVID-19: l'esperienza italiana*, Centro di Ricerca Innocenti - UNICEF, Firenze.
- Maturana, H. R., Varela, F. J. (1985), *Autopoiesi e cognizione. La realizzazione del vivente*, Marsilio, Venezia.

- Ministry of Education of the People's Republic of China (2024), *Guidance on Strengthening AI Education in Primary and Secondary Schools*, link: <https://xinwen.bjd.com.cn/content/s68217324e4b0ec1c3d96f32d.html>.
- Ministry of Education of the People's Republic of China (2018), *Education Informatization 2.0 Action Plan*, link: www.moe.gov.cn/.
- Munari, B. (1977), *Fantasia: invenzione, creatività e immaginazione nelle comunicazioni visive*, Laterza, Bari.
- Munari, B. (1981), *Da cosa nasce cosa: appunti per una metodologia progettuale*, Laterza, Bari.
- Nappo, R., Simeoli, R., Cerasuolo, M., Ciaramella, F., Rega, A. (2024), "The Impact of COVID-19 on Learning Loss in Elementary School Students: A Comparative Study of Academic Performance Across Grades", *Education Sciences*, 14(12), p. 1396.
- 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.
- Nussbaum M.C. (2011), *Non per profitto. Perché le democrazie hanno bisogno della cultura umanistica*, Il Mulino, Bologna.
- OECD (2021a), *AI and the Future of Skills, Volume 1: Capabilities and Assessments, Educational Research and Innovation*, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2021b), *Education Policy Outlook 2021: Shaping Responsive and Resilient Education in a Changing World*, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2023), *Opportunities, Guidelines and Guardrails on Effective and Equitable Use of AI in Education*, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2024), Explanatory memorandum on the updated OECD definition of an AI system, *OECD Artificial Intelligence Papers*, 8, OECD Publishing, Paris.
- OECD (2025a), *What should teachers teach and students learn in a world of powerful AI?*, OECD, Paris.
- OECD (2025b), *Empowering learners for the age of AI: An AI literacy framework for primary and secondary education* (Review draft), OECD, Paris.
- Panciroli, C., Rivoltella, P. C. (2023), *Pedagogia algoritmica. Per una riflessione educativa sull'Intelligenza Artificiale*, Scholé-Morcelliana, Brescia.
- Sanders, B. (2025), "GPT and Me, An Honest Reevaluation", *Impacting Education: Journal on Transforming Professional Practice*.
- Schleiger, E., Mason, C., Naughtin, C., Reeson, A., Paris, C. (2024), "Collaborative Intelligence: A Scoping Review Of Current Applications", *Applied Artificial Intelligence*, 38.
- Sen, A. (1992), *Inequality Reexamined*, Harvard University Press, Cambridge.
- Sen, A. (1999), *Development as Freedom*, Oxford University Press, Oxford.
- Sen, A. (2013), "The Ends and Means of Sustainability", *Journal of Human Development and Capabilities*, 14(1), pp. 6-20.
- Trotta, E., Serio, G., Monacis, L., Carlucci, L., Marinelli, C. V., Petito, A., Celia, G., Bonvino, A., Calvio, A., Stallone, R., Esposito, C., Fantinelli, S., Sulla, F., Di Fuccio, R., Salvatore, G., Quarto, T., Palladino, P. (2024), "The effects of the COVID-19 pandemic on Italian primary school children's learning: A systematic review through a psycho-social lens", *PLoS One*, 19(6), e030399.

- Trinchero, R. (2021), *Insegnare ai tempi del lockdown. Le differenze regionali*, in *La DaD in emergenza: vissuti e valutazioni degli insegnanti italiani*, Pensa Multimedia, Lecce, pp. 52-72.
- Turkle, S., Papert, S. (1990), "Epistemological pluralism and the revaluation of the concrete", *SIGNS: Journal of Women in Culture and Society*, 16(1).
- U.N. (2015), *Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile*, link: www.unric.org/it/images/Agenda_2030_ITA.pdf.
- U.S. Department of Education, Office of Educational Technology (2023), *Artificial Intelligence and Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations*, DoE, Washington, DC.
- UNESCO (2019), *Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education*, UNESCO, Paris.
- UNESCO (2021), *AI and education: Guidance for policy-makers*, UNESCO, Paris.
- UNESCO (2022), *K-12 AI curricula: A mapping of government-endorsed AI curricula*, UNESCO, Paris.
- UNESCO (2024), *AI competency framework for students*, UNESCO, Paris.
- Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., Li, Y. (2021), "A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020", *Complexity*, 1, 8812542.
- Zimmermann, B. (2024), "The Capability to Aspire: An Agentive Model", *Journal of Human Development and Capabilities*, 25(4), pp. 518-536.

Parte seconda

5. Gli elementi progettuali del curriculum Lucy IA

di *Piergiuseppe Ellerani*

Introduzione

La costruzione e la realizzazione del curriculum Lucy IA per le scuole secondarie di primo grado si sono articolate considerando quattro grandi punti cardinali della progettazione:

- i quadri per lo sviluppo delle competenze:
 - Indicazioni Nazionali 2012;
 - DigiComp (costitutivo del Digimetro IC3);
 - LifeComp;
 - le linee guida per l'Educazione Civica Digitale;
- il backword design;
- la valutazione continua (formativa);
- l'articolazione di metodologie didattiche laboratoriali ispirate al making, tinkering, coding.

La progettazione è avvenuta utilizzando la modellistica delle “sceneggiature didattiche” già presente nella scuola. I quadri di competenze sono divenuti una mappa di riferimento, una matrice sulla quale gli insegnanti sono successivamente intervenuti per adattare le attività secondo proprie prospettive e competenze.

Considerare nell'insieme i quadri di competenze, permette di cogliere come le attività svolte non siano semplicemente formative di tecnicità, bensì rappresentino la direzione che prevede l'attenzione allo sviluppo del pensiero computazionale, critico e riflessivo, creativo, come richiesto, per altro, dai quadri di competenza considerati. Di fatto, si genera una progettazione didattica centrata sullo sviluppo umano, con una forte interdipendenza tra le aree disciplinari coinvolte nelle attività didattiche, un apprendimento in contesti sociali come quelli laboratoriali, un engagement

di studenti e studentesse nello sviluppo delle proprie progettazioni essenziali, un'organizzazione dei curricoli e un allestimento degli ambienti per l'apprendimento. Gli adulti – gli insegnanti – sono anch'essi coinvolti negli apprendimenti, e anche lo sviluppo delle loro competenze è avvenuto nell'azione didattica dapprima progettata e successivamente realizzata: poiché le competenze, non si apprendono nel vuoto, l'attività di progettazione e di realizzazione è divenuta occasione per misurarsi con quel “formare che significa fare, ma un tal fare che mentre fa inventa il modo stesso di fare”, che permette lo sviluppo del valore d'uso di creatività e intelligenze. Anche del proprio sviluppo professionale.

Le proposte che seguiranno sono quindi, nello stesso tempo, la sintesi dei ragionamenti e delle scelte che hanno sotteso alla progettazione che considera:

- i nuclei tematici di riferimento nei quali inserire l'attività di Lucy;
- le idee guida che orientano lo svolgimento dell'attività per l'insegnante e che dovrebbero essere quanto nel tempo gli studenti ritengono importanti da comprendere (e far proprie);
- le competenze che si intende formare nell'attività;
- alcuni contenuti che si possono affrontare come categorie motivazionali;
- un set di abilità che si ritengono importanti da maneggiare nell'attività;
- le aree disciplinari in forma integrata durante l'attività con alcune connessioni in evidenza;
- lo schema guida per elaborare altre attività oppure considerare differenti contenuti, abilità, comprensioni, o altre dimensioni dei quadri di competenza.

La scelta delle metodologie didattiche basate sul laboratorio è un elemento che si sottolinea in modo specifico: è importante considerare e immaginare come l'attività con studentesse e studenti dovrebbe svolgersi. Questo rafforza la progettazione, poiché essa – rappresentando l'elemento che coniuga i contenuti affrontati con lo sviluppo delle competenze all'interno di un contesto dinamico come quello laboratoriale – diviene realmente una proposta che valuta la fattibilità e congruità delle situazioni nelle quali studentesse e studenti verranno inseriti e delle relative richieste di soluzione di problemi. Si tratta di considerare studentesse e studenti soggetti agentivi e creativi in grado di intervenire, realizzare, proporre forme di applicazione dei saperi, generando soluzioni, nuovi prodotti, più in generale artefatti, generati dal contesto storico-culturale che hanno l'opportunità di vivere. Questo aspetto richiede la medesima creatività generativa da parte degli insegnanti.

Un punto di ancoraggio per l'integrazione disciplinare è quindi la definizione degli artefatti (semplici o complessi), oppure di problemi reali da risolvere, oppure ancora la dimostrazione/spiegazione/argomentazione di fenomeni che accadono, che rendono alcune volte non-lineare o non-predicabile il corso delle attività, dei saperi ipotizzati, così da innestare veri e propri percorsi di ricerca.

1. La collaborazione tra saperi, integrazione oltre le discipline

Una delle caratteristiche specifiche della progettazione di Lucy IA è la realizzazione di attività che facilitano l'integrazione di più aree disciplinari. L'integrazione è dunque un elemento chiave della prospettiva (e degli sforzi) interdisciplinari, capace di trasformare le conoscenze in comprensione profonda. L'integrazione dei saperi e delle aree disciplinari può dunque essere un elemento di distinzione tra le pratiche "disciplinari", quelle cosiddette "multidisciplinari" da quelle che riconosciamo come "interdisciplinari". Il principio di integrazione è così riconoscibile e sufficientemente flessibile anche da includere le esperienze definite come "transdisciplinari".

L'integrazione (inter)disciplinare coinvolge, nelle alunne e alunni, alcuni processi di apprendimento di sicuro interesse:

- la comunicazione esplicita – che richiede padronanza linguistica e comunicativa più in generale – degli elementi di sintesi interdisciplinare (pensiamo a cosa significhi esprimere alcuni elementi di sintesi che si possono studiare attraverso le opere d'arte selezionate ed esposte da ragazze e ragazzi nel loro museo virtuale, oppure il funzionamento di un robottino che esprime alcune informazioni che guidano e accompagnano i visitatori in una scuola o in un ambiente non conosciuto);
- la generazione di domande quando si descrive una situazione, un contesto problema, un'ipotesi; l'integrazione è incorporata nei processi investigativi che si realizzano nei laboratori ma che partono dalle domande, così che durante tutto il processo di ricerca e di esplorazione ci si avvalga dei saperi disciplinari integrati in quella situazione: quando si descrive un problema da comprendere, si formulano domande, si creano quadri teorici, si combinano metodi, si selezionano strumenti, si valuta;
- la riconoscibilità di processi cognitivi comuni tra i saperi, rispettando al contempo le particolarità dei diversi incroci disciplinari. In questo senso l'azione di riconoscimento da parte degli insegnanti promuove la definizione di saperi disciplinari fondativi che saranno la base di cono-

scienze apprese delle alunne e degli alunni e più facilmente riconosciuti come necessari da apprendere.

Per gli insegnanti, il lavoro descritto può avere un duplice esito: da una parte, la co-progettazione e l'integrazione delle discipline favorisce la definizione condivisa di un quadro unitario all'interno delle attività laboratoriali ispirate al making tinkering coding. Dall'altra, la collaborazione tra gli insegnanti e l'integrazione disciplinare – per come è stata proposta in Lucy IA – collega più facilmente l'azione di co-progettazione con i principi che sostengono i processi di apprendimento (cfr. cap. 3) ovvero è più facile includere e considerare per gli insegnanti i principi che:

- alunne e alunni entrano nel processo di apprendimento con teorie pregresse e implicite sull'argomento di studio. Poiché sono implicite è a partire da queste che alunne e alunni danno significato alle nuove informazioni;
- l'apprendimento avviene in modo profondo quando la conoscenza è organizzata intorno a concetti e quadri di riferimento di ordine superiore (i concetti fondativi, i saperi chiave) che facilitano il recupero e il trasferimento delle conoscenze;
- i processi metacognitivi permettono agli studenti di poter controllare il proprio apprendimento, stabilendo obiettivi e monitorando i progressi. In questo modo l'apprendimento profondo implica la capacità di trasferire, ovvero la capacità di utilizzare le informazioni appena apprese in una situazione nuova.

L'integrazione disciplinare, quindi, richiede di attivare e attuare processi che operano nelle e attraverso le discipline: per esempio il ragionamento basato su evidenze e fatti, il pensiero computazionale, le rappresentazioni nel tempo e nello spazio, il pensiero critico, l'argomentazione di ipotesi o soluzioni, il pensiero riflessivo.

Per gli insegnati, il valore aggiunto che si può attribuire all'integrazione disciplinare nella progettazione dell'apprendimento, è il fatto che anche per loro stessi i processi che abbiamo considerato integrano informazioni, dati, tecniche, strumenti, prospettive, concetti e/o teorie da due o più discipline, e forse più facilmente, immaginare insieme quali artefatti creare, quali fenomeni spiegare o quali problemi affrontare tra quelli che accadono nella realtà, in modi e forme che difficilmente i singoli saperi potrebbero stimolare a realizzare.

2. Le schede progettuali

L'articolazione complessiva della proposta curricolare è rappresentata dalle sceneggiature seguenti.

FASE DI ATTIVAZIONE

MODULO 1 NUCLEO LINGUISTICO [CLASSE I]	
PRINCIPIO GUIDA	
Le lingue ci permettono di comunicare e scambiare idee, riflessioni, concetti, ma allo stesso tempo raccolgono e raccontano la nostra storia culturale. Attraverso la comprensione della storia delle parole (etimologia) e del loro significato è possibile apprendere la cultura, riscoprendo le potenzialità del pensiero umano, la sua complessità e creatività.	
COMPETENZE	<p>Al termine del nucleo tematico lo studente è in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none">• Comprendere il significato della tecnologia applicata all'ambito della IA• Elaborare una definizione di IA• Sperimentare processi di pensiero convergente e divergente attraverso la riflessione sul tema dell'"intelligenza" nell'ambito della IA• Esprimere oralmente il proprio pensiero• Ricercare, scegliere e organizzare informazioni in formato analogico e digitale• Sostenere una tesi con opportune argomentazioni• Dialogare in modo costruttivo per raggiungere un risultato condiviso
CONOSCENZE IMPORTANTI PER LA COMPRENSIONE	<p>DEFINIRE L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE (IA)</p> <ul style="list-style-type: none">• Conoscere in modo critico la natura e i limiti della IA• Conoscere gli strumenti digitali per la ricerca e l'organizzazione delle informazioni
ABILITÀ (IMPORTANTI PER FARE)	<ul style="list-style-type: none">• Presentare in modo organico la propria esperienza e il proprio interesse verso un tema specifico• Riconoscere applicazioni che utilizzano l'intelligenza artificiale• Osservare e analizzare una serie di immagini per valutare se sono reali o artificiali• Creare un processo di controllo delle immagini• Proporre un concetto utilizzando una parola (pensiero convergente e/o divergente)• Costruire un'argomentazione che colleghi due parole e le associ al tema centrale (intelligenza)
DISCIPLINE COINVOLTE	ITALIANO (ITA), INGLESE (ING), TECNOLOGIA (TEC), ARTE (ART), EDUCAZIONE CIVICA (ECD)
CONNESSIONI CON LE INDICAZIONI NAZIONALI (2012) – TRAGUARDI PER LO SVILUPPO DI COMPETENZE AL TERMINE DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO TC-SSPG)	

ITALIANO | L'alunno interagisce in modo efficace in diverse situazioni comunicative, attraverso modalità dialogiche sempre rispettose delle idee degli altri; usa la comunicazione orale per collaborare con gli altri, ad esempio nella realizzazione di giochi o prodotti, nell'elaborazione di progetti e nella formulazione di giudizi su problemi riguardanti vari ambiti culturali e sociali; espone oralmente all'insegnante e ai compagni argomenti di studio e di ricerca, anche avvalendosi di supporti specifici (schemi, mappe, presentazioni al computer, ecc.); comprende e usa in modo appropriato le parole del vocabolario di base (fondamentale; di alto uso; di alta disponibilità); riconosce e usa termini specialistici in base ai campi di discorso.

INGLESE | L'alunno legge semplici testi con diverse strategie adeguate allo scopo. Legge testi informativi e ascolta spiegazioni attinenti a contenuti di studio di altre discipline; usa la lingua per apprendere argomenti anche di ambiti disciplinari diversi e collabora fattivamente con i compagni nella realizzazione di attività e progetti.

TECNOLOGIA | L'alunno conosce le proprietà e le caratteristiche dei diversi mezzi di comunicazione ed è in grado di farne un uso efficace e responsabile rispetto alle proprie necessità di studio e socializzazione; sa utilizzare comunicazioni procedurali e istruzioni tecniche per eseguire, in maniera metodica e razionale, compiti operativi complessi, anche collaborando e cooperando con i compagni.

ARTE
L'allievo analizza e descrive beni culturali, immagini statiche e multimediali, utilizzando il linguaggio appropriato.

CONNESSIONE CON I FRAMEWORK EUROPEI E DI EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE

DICOMP 2.2	LIFECOMP
COMPETENZA PERSONALE P2 Attitudine a esaminare opzioni e modalità di azione a fronte di nuove evidenze; Comprendere e adottare nuove idee, approcci, strumenti e azioni in risposta ai diversi contesti	ALFABETIZZAZIONE SU INFORMAZIONI E DATI 1.1 Navigare, ricercare e filtrare dati, informazioni e contenuti digitali; 1.2 Valutare dati, informazioni e contenuti digitali; 1.3 Gestire dati, informazioni e contenuti digitali
COMPETENZA SOCIALE COMUNICAZIONE S2 Ascoltare gli altri e mostrarsi coinvolti nelle conversazioni con fiducia, assertività, chiarezza e reciprocità, in contesti personali e sociali	COLLABORAZIONE E COMUNICAZIONE 2.1 Interagire con gli altri attraverso le tecnologie; 2.2 Condividere informazioni attraverso le tecnologie digitali 2.4 Collaborare attraverso le tecnologie digitali
COMPETENZA COLLABORAZIONE S3.3 Condividere equamente attività, risorse e responsabilità all'interno di un gruppo tenendo conto del suo obiettivo specifico; stimolare l'espressione di opinioni diverse e adottare un approccio sistemico	CREAZIONE DI CONTENUTI DIGITALI 3.1 Integrare e rielaborare contenuti digitali
IMPARARE AD IMPARARE PENSIERO CRITICO L2.2 Confrontare, analizzare, valutare e sintetizzare dati, informazioni, idee e messaggi degli organi di informa-	EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE Cercare, analizzare e utilizzare correttamente l'informazione - educazione alla informazione

<p>zione al fine di trarre conclusioni logiche; L2.3 Sviluppare idee creative, sintetizzare e combinare concetti e informazioni da diverse fonti al fine di risolvere problemi</p> <p>IMPARARE AD IMPARARE GESTIONE DELL'APPRENDIMENTO L3.1 Essere consapevole dei propri interessi, processi e strategie preferite di apprendimento, compresi i bisogni di apprendimento e il supporto necessario; L3.3 Considerare e valutare scopi, processi e risultati della costruzione dell'apprendimento e della conoscenza, stabilendo relazioni tra i vari ambiti</p>	
ATTIVITÀ (DA SVOLGERE IN CLASSE)	Percezione dell'Intelligenza artificiale (Rif. Syllabus, p. 10; Esperienze, p. 8) Brainstorming sul termine "intelligenza" (Rif. Syllabus, p. 15)
TEMPI STIMATI	Percezione IA: 90 Minuti Definizione Di Intelligenza: 90 Minuti
TEMPI EFFETTIVI (DA CONSIDERARE NELLO SVOLGIMENTO SEQUENZIALE DELLE DUE ATTIVITÀ)	4 ORE

MODULO 1 | NUCLEO STORICO

PRINCIPIO GUIDA

Lo studio della storia della tecnologia, e nello specifico dell'intelligenza artificiale, ci fornisce un metodo analitico e critico per osservare e comprendere in profondità la realtà del presente e le sue differenti conseguenze. La ricerca e l'approfondimento degli eventi storici che hanno segnato le tappe del progresso tecnologico esprimono la particolare condizione che permette di scoprire come sia la capacità umana a creare e innovare.

COMPETENZE	<p>Al termine del nucleo tematico lo studente è in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Riflettere sulla storia tecnologica dell'intelligenza artificiale • Individuare e sintetizzare gli eventi storici più rilevanti nella storia dell'AI • Condividere in forma orale e scritta le informazioni chiave raccolte su un particolare evento storico
CONOSCENZE IMPORTANTI PER LA COMPrensIONE	<p>STORIA DELL'IA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprendere gli eventi storici più rilevanti legati all'IA • Comprendere gli strumenti per la ricerca e l'organizzazione delle informazioni
ABILITÀ (IMPORTANTI PER FARE)	<ul style="list-style-type: none"> • Cercare informazioni su un particolare evento storico • Organizzare e sintetizzare informazioni storiche con strumenti online e offline • Costruire una presentazione multimediale sulla base di una linea del tempo condivisa

DISCIPLINE COINVOLTE	ITALIANO (ITA), INGLESE (ING), TECNOLOGIA (TEC), ARTE (ART), SCIENZE, EDUCAZIONE CIVICA (ECD)
-----------------------------	---

CONNESSIONI CON LE INDICAZIONI NAZIONALI (2012) - TRAGUARDI PER LO SVILUPPO DI COMPETENZE AL TERMINE DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO TC-SSPG)

STORIA | L'alunno si informa in modo autonomo su fatti e problemi storici anche mediante l'uso di risorse digitali; produce informazioni storiche con fonti di vario genere – anche digitali – e le sa organizzare in testi; espone oralmente e con scritture – anche digitali – le conoscenze storiche acquisite operando collegamenti e argomentando le proprie riflessioni.

INGLESE | L'alunno usa la lingua per apprendere argomenti anche di ambiti disciplinari diversi e collabora fattivamente con i compagni nella realizzazione di attività e progetti.

ITALIANO | L'alunno usa la comunicazione orale per collaborare con gli altri, ad esempio nella realizzazione di giochi o prodotti, nell'elaborazione di progetti e nella formulazione di giudizi su problemi riguardanti vari ambiti culturali e sociali; espone oralmente all'insegnante e ai compagni argomenti di studio e di ricerca, anche avvalendosi di supporti specifici (schemi, mappe, presentazioni al computer, ecc).

ARTE | L'alunno analizza e descrive beni culturali, immagini statiche e multimediali, utilizzando il linguaggio appropriato.

TECNOLOGIE | L'alunno sa utilizzare comunicazioni procedurali e istruzioni tecniche per eseguire, in maniera metodica e razionale, compiti operativi complessi, anche collaborando e cooperando con i compagni; utilizza adeguate risorse materiali, informative e organizzative per la progettazione e la realizzazione di semplici prodotti, anche di tipo digitale.

SCIENZE | L'allievo collega lo sviluppo delle scienze allo sviluppo della storia dell'uomo.

CONNESSIONE CON I FRAMEWORK EUROPEI E DI EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE

DICOMP 2.2	LIFECOMP
CREAZIONE DI CONTENUTI DIGITALI 3.1 Sviluppare contenuti digitali; 3.2 Integrare e rielaborare contenuti digitali	<p>IMPARARE AD IMPARARE PENSIERO CRITICO L2.2 Confrontare, analizzare, valutare e sintetizzare dati, informazioni, idee e messaggi degli organi di informazione al fine di trarre conclusioni logiche; L2.3 Sviluppare idee creative, sintetizzare e combinare concetti e informazioni da diverse fonti al fine di risolvere problemi</p> <p>COMPETENZA SOCIALE COLLABORAZIONE S3.3 Condividere equamente attività, risorse e responsabilità all'interno di un gruppo tenendo conto del suo obiettivo specifico; stimolare l'espressione di opinioni diverse e adottare un approccio sistemico</p>

		EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE
		Orientarsi e comportarsi in una società mediatizzata; cercare, analizzare e utilizzare correttamente l'informazione - educazione alla informazione; Dati e Intelligenza Artificiale: capire il ruolo, il valore, i rischi, le implicazioni
ATTIVITÀ (DA SVOLGERE IN CLASSE)	A partire dall'osservazione di una linea del tempo gli studenti, organizzati in gruppi, costruiranno una presentazione multimediale esplorando uno specifico evento storico (Rif. Syllabus, p. 15; Rif. Esperienze, pp. 13-14)	
TEMPI STIMATI	90 minuti	
TEMPI EFFETTIVI	2 ORE	

MODULO 1 | NUCLEO ARTISTICO-CINEMATOGRAFICO

PRINCIPIO GUIDA

La letteratura e il cinema, e più in generale le arti, hanno contribuito a formare in ognuno di noi un'idea di intelligenza artificiale, così come le sensazioni che percepiamo di essa, attraverso le rappresentazioni e i modelli culturali usati per presentarla. Ricostruendo e approfondendo i collegamenti che facciamo istintivamente con il mondo fantascientifico, possiamo scoprire come gli artisti utilizzano l'immaginazione per rappresentare il futuro dell'umanità che, in qualche caso, è già diventato realtà.

COMPETENZE	Al termine del nucleo tematico lo studente è in grado di: <ul style="list-style-type: none"> • Organizzare informazioni IA provenienti dall'ambito letterario e cinematografico • Utilizzare autonomamente (alcune) applicazioni che sfruttano l'IA ispirate dalla letteratura e/o dal cinema • Selezionare libri, film o serie tv collegate all'IA • Ricercare informazioni letterarie e cinematografiche con strumenti online e offline • Condividere in forma orale e scritta le informazioni chiave raccolte su libri, film e serie tv legate all'IA
CONOSCENZE IMPORTANTI PER LA COMPRENSIONE	RELAZIONE UOMO-MACCHINA <ul style="list-style-type: none"> • Libri, film o serie tv collegati all'IA • Strumenti per la ricerca e l'organizzazione delle informazioni
ABILITÀ (IMPORTANTI PER FARE)	<ul style="list-style-type: none"> • Ricercare e validare informazioni online su racconti o film che raccontano le tecnologie di IA • Costruire una scheda descrittiva con contenuti multimediali di un libro e/o film
DISCIPLINE COINVOLTE	ITALIANO (ITA), INGLESE (ING), TECNOLOGIA (TEC), ARTE (ART) EDUCAZIONE CIVICA (ECD)

CONNESSIONI CON LE INDICAZIONI NAZIONALI (2012) - TRAGUARDI PER LO SVILUPPO DI COMPETENZE AL TERMINE DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO TC-SSPG)

ITALIANO | L'alunno usa la comunicazione orale per collaborare con gli altri, ad esempio nella realizzazione di giochi o prodotti, nell'elaborazione di progetti e nella formulazione di giudizi su problemi riguardanti vari ambiti culturali e sociali; espone oralmente all'insegnante e ai compagni argomenti di studio e di ricerca, anche avvalendosi di supporti specifici (schemi, mappe, presentazioni al computer, ecc).

ARTE | L'alunno analizza e descrive beni culturali, immagini statiche e multimediali, utilizzando il linguaggio appropriato; padroneggia gli elementi principali del linguaggio visivo, legge e comprende i significati di immagini statiche e in movimento, di filmati audiovisivi e di prodotti multimediali; analizza e descrive beni culturali, immagini statiche e multimediali, utilizzando il linguaggio appropriato.

TECNOLOGIA | L'alunno progetta e realizza rappresentazioni grafiche o infografiche, relative alla struttura e al funzionamento di sistemi materiali o immateriali, utilizzando elementi del disegno tecnico o altri linguaggi multimediali e di programmazione.

INGLESE | L'alunno affronta situazioni nuove attingendo al suo repertorio linguistico; usa la lingua per apprendere argomenti anche di ambiti disciplinari diversi e collabora fattivamente con i compagni nella realizzazione di attività e progetti.

SCIENZE | Sviluppa semplici schematizzazioni e modellizzazioni di fatti e fenomeni ricorrendo, quando è il caso, a misure appropriate e a semplici formalizzazioni.

CONNESSIONE CON I FRAMEWORK EUROPEI E DI EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE

DICOMP 2.2	LIFECOMP
ALFABETIZZAZIONE SU INFORMAZIONI E DATI 1.1 Navigare, ricercare e filtrare dati, informazioni e contenuti digitali	IMPARARE AD IMPARARE PENSIERO CRITICO L2.2 Confrontare, analizzare, valutare e sintetizzare dati, informazioni, idee e messaggi degli organi di informazione al fine di trarre conclusioni logiche; L2.3 Sviluppare idee creative, sintetizzare e combinare concetti e informazioni da diverse fonti al fine di risolvere problemi
COMUNICAZIONE E COLLABORAZIONE 2.4 Collaborare attraverso le tecnologie digitali CREAZIONE DI CONTENUTI DIGITALI 3.1 Sviluppare contenuti digitali; 3.2 Integrare e rielaborare contenuti digitali	
ALFABETIZZAZIONE SU INFORMAZIONI E DATI 1.1 Navigare, ricercare e filtrare dati, informazioni e contenuti digitali;	IMPARARE AD IMPARARE GESTIONE DELL'APPRENDIMENTO Considerare e valutare scopi, processi e risultati della costruzione dell'apprendimento e della conoscenza, stabilendo relazioni tra i vari ambiti
COMUNICAZIONE E COLLABORAZIONE 2.4 Collaborare attraverso le tecnologie digitali	COMPETENZA SOCIALE COLLABORAZIONE S3.3 Condividere equamente attività, risorse e responsabilità all'interno di un gruppo tenendo conto del suo obiettivo specifico; stimolare l'espressione di opinioni diverse e adottare un approccio sistemico
CREAZIONE DI CONTENUTI DIGITALI 3.1 Sviluppare contenuti digitali; 3.2 Integrare e rielaborare contenuti digitali	EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE Cercare, analizzare e utilizzare correttamente l'informazione - educazione alla informazione Cultura e creatività digitale

ATTIVITÀ (DA SVOLGERE IN CLASSE)	Ricerare informazioni e costruzione condivisa, secondo un template noto, di una raccolta di libri, film e serie tv che hanno come tema principale o secondario l'IA (Rif. Syllabus, p. 20; Esperienze, pp. 15-19)	
TEMPI STIMATI	90 minuti	
TEMPI EFFETTIVI		2 ORE

FASE DI COINVOLGIMENTO

MODULO 2 | NUCLEO PROGRAMMAZIONE E ROBOTICA

PRINCIPIO GUIDA

L'intelligenza artificiale è un ambito di ricerca fortemente collegato all'informatica e alla robotica.

L'informatica ha reso possibile l'elaborazione matematica delle informazioni (dati) sui calcolatori, che rappresentano l'automazione del calcolo, tramite la creazione di macchine (automi, robot) che fanno calcoli.

È fondamentale sviluppare le nostre competenze di pensiero logico e computazionale da applicare nel campo informatico e robotico, per creare algoritmi che guidano i ragionamenti delle macchine.

COMPETENZE	<p>Al termine del nucleo tematico lo studente è in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sviluppare programmi che includono funzionalità di intelligenza artificiale, per comprenderne in maniera pratica il ruolo all'interno dei progetti • Utilizzare in autonomia il software di programmazione a blocchi • Creare, sulla base di esempi noti, un programma a blocchi che include funzionalità di IA • Realizzare un esperimento con funzionalità di IA, utilizzando software e hardware dedicati • Replicare un algoritmo con un linguaggio di programmazione a blocchi • Individuare le categorie dei comandi a blocchi utilizzati • Controllare e gestire sensori e attuatori di un robot tramite l'apposito software • Progettare e realizzare degli algoritmi che possano risolvere problemi reali nella vita quotidiana • Sviluppare programmi con funzionalità di IA che integrano sistemi robotici
CONOSCENZE IMPORTANTI PER LA COMPRENSIONE	<p>L'ALGORITMO</p> <ul style="list-style-type: none"> • I fondamenti della programmazione (coding) • Gli strumenti software per la programmazione a blocchi • Le specifiche di una selezione di robot educativi
ABILITÀ (IMPORTANTI PER FARE)	<ul style="list-style-type: none"> • Realizzare un algoritmo con i blocchi a disposizione, secondo i requisiti richiesti • Utilizzare blocchi di intelligenza artificiale secondo le funzionalità richieste • Programmare un robot per svolgere funzioni specifiche

DISCIPLINE COINVOLTE	ITALIANO (ITA), SCIENZE (SCI), TECNOLOGIA (TEC), MATEMATICA (MAT), INGLESE (ING)
-----------------------------	--

CONNESSIONI CON LE INDICAZIONI NAZIONALI (2012) - TRAGUARDI PER LO SVILUPPO DI COMPETENZE AL TERMINE DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO TC-SSPG)

ITALIANO | L'alunno usa la comunicazione orale per collaborare con gli altri, ad esempio nella realizzazione di giochi o prodotti, nell'elaborazione di progetti e nella formulazione di giudizi su problemi riguardanti vari ambiti culturali e sociali.

SCIENZE | Esplora e sperimenta, in laboratorio e all'aperto, lo svolgersi dei più comuni fenomeni, ne immagina e ne verifica le cause; ricerca soluzioni ai problemi, utilizzando le conoscenze acquisite.

INGLESE | Comprende oralmente e per iscritto i punti essenziali di testi in lingua standard su argomenti familiari o di studio che affronta normalmente a scuola e nel tempo libero.

TECNOLOGIA | Progetta e realizza rappresentazioni grafiche o infografiche, relative alla struttura e al funzionamento di sistemi materiali o immateriali, utilizzando elementi del disegno tecnico o altri linguaggi multimediali e di programmazione; utilizza adeguate risorse materiali, informative e organizzative per la progettazione e la realizzazione di semplici prodotti, anche di tipo digitale; sa utilizzare comunicazioni procedurali e istruzioni tecniche per eseguire, in maniera metodica e razionale, compiti operativi complessi, anche collaborando e cooperando con i compagni.

MATEMATICA | Riconosce e risolve problemi in contesti diversi valutando le informazioni e la loro coerenza; spiega il procedimento seguito, anche in forma scritta, mantenendo il controllo sia sul processo risolutivo, sia sui risultati; confronta procedimenti diversi e produce formalizzazioni che gli consentono di passare da un problema specifico a una classe di problemi; produce argomentazioni in base alle conoscenze teoriche acquisite.

CONNESSIONE CON I FRAMEWORK EUROPEI E DI EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE

DICOMP 2.2	LIFECOMP
COMUNICAZIONE E COLLABORAZIONE 2.4 Collaborare attraverso le tecnologie digitali	IMPARARE AD IMPARARE PENSIERO CRITICO L2.2 Confrontare, analizzare, valutare e sintetizzare dati, informazioni, idee e messaggi degli organi di informazione al fine di trarre conclusioni logiche; L2.3 Sviluppare idee creative, sintetizzare e combinare concetti e informazioni da diverse fonti al fine di risolvere problemi COMPETENZA SOCIALE COLLABORAZIONE S3.3 Condividere equamente attività, risorse e responsabilità all'interno di un gruppo tenendo conto del suo obiettivo specifico; stimolare l'espressione di opinioni diverse e adottare un approccio sistemico
CREAZIONE DI CONTENUTI DIGITALI 3.1 Sviluppare contenuti digitali; 3.2 Integrare e rielaborare contenuti digitali	
RISOLVERE PROBLEMI 5.1 Risolvere problemi tecnici; 5.2 Individuare bisogni e risposte tecnologiche; 5.3 Utilizzare in modo creativo le tecnologie digitali	

		EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE
		Dati e Intelligenza Artificiale: capirne il ruolo, il valore, i rischi, le implicazioni
ATTIVITÀ (DA SVOLGERE IN CLASSE)	Creare un semplice algoritmo <i>Riconoscimento vocale</i> : utilizzare dei blocchi di riconoscimento vocale cercando di realizzare un assistente vocale che unisca funzionalità di ascolto e di risposta <i>Visione artificiale</i> : creare un programma che, attraverso la sintesi vocale, nomina l'oggetto che riconosce nella foto acquisita tramite webcam/fotocamera <i>Robot e IA</i> : controllo vocale e specchio emotivo (Rif. Syllabus, p. 22)	
TEMPI STIMATI	240 minuti	
TEMPI EFFETTIVI	4 ORE	

MODULO 2 | NUCLEO MATEMATICA DELLA IA | PARTE 1

PRINCIPIO GUIDA

Il Machine Learning (ML) è un sottoinsieme dell'IA, che apprende continuamente dagli esempi e che, seguendo una logica induttiva, crea delle regole generali a partire dalle informazioni che ha, per risolvere problemi complessi di regressione e classificazione. La potenza di calcolo sempre più elevata permetterà al machine learning di descrivere i fenomeni che ci circondano utilizzando classi di categorie sempre più grandi. La nostra capacità di interpretare la correttezza e coerenza di dati risulta sempre più importante davanti alle macchine che apprendono sempre più velocemente.

COMPETENZE	Al termine del nucleo tematico lo studente è in grado di: <ul style="list-style-type: none"> • Comprendere i concetti di base del Machine Learning • Sperimentare un processo di creazione e applicazione di un sistema di classificazione di immagini o testi
CONOSCENZE IMPORTANTI PER LA COMPrensIONE	MACHINE LEARNING CON TESTO E IMMAGINI
ABILITÀ (IMPORTANTI PER FARE)	<ul style="list-style-type: none"> • Creare un dataset composto da almeno due classi • Selezionare i dati per allenare il modello di ML • Testare il modello allenato • Realizzare un'applicazione, programmando a blocchi, per rendere utilizzabile il modello allenato
DISCIPLINE COINVOLTE	MATEMATICA (MAT), TECNOLOGIA (TEC), ARTE (ART), SCIENZE, EDUCAZIONE CIVICA (ECD)

CONNESSIONI CON LE INDICAZIONI NAZIONALI (2012) - TRAGUARDI PER LO SVILUPPO DI COMPETENZE AL TERMINE DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO TC-SSPG)

MATEMATICA | L'alunno riconosce e risolve problemi in contesti diversi valutando le informazioni e la loro coerenza; spiega il procedimento seguito, anche in forma scritta, mantenendo il controllo sia sul processo risolutivo, sia sui risultati; confronta procedimenti diversi e produce formalizzazioni che gli consentono di passare da un problema specifico a una classe di problemi; produce argomentazioni in base alle conoscenze teoriche acquisite.

SCIENZE | L'alunno esplora e sperimenta, in laboratorio e all'aperto, lo svolgersi dei più comuni fenomeni, ne immagina e ne verifica le cause; ricerca soluzioni ai problemi, utilizzando le conoscenze acquisite.

TECNOLOGIA | L'alunno progetta e realizza rappresentazioni grafiche o infografiche, relative alla struttura e al funzionamento di sistemi materiali o immateriali, utilizzando elementi del disegno tecnico o altri linguaggi multimediali e di programmazione; utilizza adeguate risorse materiali, informative e organizzative per la progettazione e la realizzazione di semplici prodotti, anche di tipo digitale; sa utilizzare comunicazioni procedurali e istruzioni tecniche per eseguire, in maniera metodica e razionale, compiti operativi complessi, anche collaborando e cooperando con i compagni.

ARTE | Realizza elaborati personali e creativi sulla base di un'ideazione e progettazione originale, applicando le conoscenze e le regole del linguaggio visivo, scegliendo in modo funzionale tecniche e materiali differenti anche con l'integrazione di più media e codici espressivi.

CONNESSIONE CON I FRAMEWORK EUROPEI E DI EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE

DICOMP 2.2	LIFECOMP
CREAZIONE DI CONTENUTI DIGITALI 3.1 Sviluppare contenuti digitali; 3.2 Integrare e rielaborare contenuti digitali	COMPETENZA PERSONALE FLESSIBILITÀ P2.1 Attitudine a esaminare opzioni e modalità di azione a fronte di nuove evidenze; P2.2 Comprendere e adottare nuove idee, approcci, strumenti e azioni in risposta ai diversi contesti
RISOLVERE PROBLEMI 5.1 Risolvere problemi tecnici; 5.2 Individuare bisogni e risposte tecnologiche; 5.3 Utilizzare in modo creativo le tecnologie digitali	IMPARARE AD IMPARARE PENSIERO CRITICO L2.2 Confrontare, analizzare, valutare e sintetizzare dati, informazioni, idee e messaggi degli organi di informazione al fine di trarre conclusioni logiche; L2.3 Sviluppare idee creative, sintetizzare e combinare concetti e informazioni da diverse fonti al fine di risolvere problemi
	COMPETENZA SOCIALE COLLABORAZIONE S3.3 Condividere equamente attività, risorse e responsabilità all'interno di un gruppo tenendo conto del suo obiettivo specifico; stimolare l'espressione di opinioni diverse e adottare un approccio sistemico

		EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE
		Dati e Intelligenza Artificiale: capirne il ruolo, il valore, i rischi, le implicazioni
ATTIVITÀ (DA SVOLGERE IN CLASSE)	Sperimentare il processo di creazione e di applicazione di un sistema che classifica immagini e testi (Rif. Syllabus, p. 22)	
TEMPI STIMATI	90 minuti	
TEMPI EFFETTIVI	2 ORE	

MODULO 2 | NUCLEO MATEMATICA DELLA IA | PARTE 2

PRINCIPIO GUIDA

La terza legge di Clarke, scrittore di fantascienza e autore del romanzo “2001: Odissea nello spazio”, riporta: «Qualunque tecnologia sufficientemente avanzata è indistinguibile dalla magia». Nonostante la complessità raggiunta dai sistemi di intelligenza artificiale è importante essere consapevoli che alla base del suo modo di operare c'è sempre la matematica e, ancora oltre, solo due numeri: l'uno e lo zero. Occorre essere consapevoli dei processi matematici che permettono a una macchina di apprendere e fare previsioni, per valutarli continuamente in modo critico.

COMPETENZE	Al termine del nucleo tematico lo studente è in grado di: <ul style="list-style-type: none"> • Comprendere i fondamenti matematici del Machine Learning attraverso la sperimentazione • Analizzare, attraverso una sperimentazione, il percorso dei dati nel processo di creazione di un sistema di Machine Learning che risolve un problema di regressione
CONOSCENZE IMPORTANTI PER LA COMPRENSIONE	REGRESSIONE LINEARE
ABILITÀ (IMPORTANTI PER FARE)	Analizzare criticamente i dati con fogli di calcolo: <ul style="list-style-type: none"> • Realizzare un esperimento di regressione lineare utilizzando un foglio di calcolo • Valutare la presenza di correlazione lineare tra due variabili
DISCIPLINE COINVOLTE	ITALIANO (ITA), INGLESE (ING), TECNOLOGIA (TEC), MATEMATICA (MAT), SCIENZE, ARTE (ART) EDUCAZIONE CIVICA (ECD)

CONNESSIONI CON LE INDICAZIONI NAZIONALI (2012) - TRAGUARDI PER LO SVILUPPO DI COMPETENZE AL TERMINE DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO TC-SSPG)

ITALIANO | L'alunno usa la comunicazione orale per collaborare con gli altri, ad esempio nella realizzazione di giochi o prodotti, nell'elaborazione di progetti e nella formulazione di giudizi su problemi riguardanti vari ambiti culturali e sociali.

SCIENZE | L'alunno esplora e sperimenta, in laboratorio e all'aperto, lo svolgersi dei più comuni fenomeni, ne immagina e ne verifica le cause; ricerca soluzioni ai problemi, utilizzando le conoscenze acquisite.

INGLESE | L'alunno comprende oralmente e per iscritto i punti essenziali di testi in lingua standard su argomenti familiari o di studio che affronta normalmente a scuola e nel tempo libero.

TECNOLOGIA | L'alunno utilizza adeguate risorse materiali, informative e organizzative per la progettazione e la realizzazione di semplici prodotti, anche di tipo digitale; sa utilizzare comunicazioni procedurali e istruzioni tecniche per eseguire, in maniera metodica e razionale, compiti operativi complessi, anche collaborando e cooperando con i compagni.

MATEMATICA | L'alunno riconosce e risolve problemi in contesti diversi valutando le informazioni e la loro coerenza; spiega il procedimento seguito, anche in forma scritta, mantenendo il controllo sia sul processo risolutivo, sia sui risultati; confronta procedimenti diversi e produce formalizzazioni che gli consentono di passare da un problema specifico a una classe di problemi; produce argomentazioni in base alle conoscenze teoriche acquisite.

ARTE | L'alunno realizza elaborati personali e creativi sulla base di un'ideazione e progettazione originale, applicando le conoscenze e le regole del linguaggio visivo, scegliendo in modo funzionale tecniche e materiali differenti anche con l'integrazione di più media e codici espressivi.

CONNESSIONE CON I FRAMEWORK EUROPEI E DI EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE

DICOMP 2.2	LIFECOMP
<p>COMUNICAZIONE E COLLABORAZIONE 2.4 Collaborare attraverso le tecnologie digitali</p> <p>CREAZIONE DI CONTENUTI DIGITALI 3.1 Sviluppare contenuti digitali; 3.2 Integrare e rielaborare contenuti digitali</p> <p>RISOLVERE PROBLEMI 5.1 Risolvere problemi tecnici; 5.2 Individuare bisogni e risposte tecnologiche; 5.3 Utilizzare in modo creativo le tecnologie digitali</p>	<p>IMPARARE AD IMPARARE PENSIERO CRITICO L2.2 Confrontare, analizzare, valutare e sintetizzare dati, informazioni, idee e messaggi degli organi di informazione al fine di trarre conclusioni logiche; L2.3 Sviluppare idee creative, sintetizzare e combinare concetti e informazioni da diverse fonti al fine di risolvere problemi</p> <p>COMPETENZA SOCIALE COLLABORAZIONE S3.3 Condividere equamente attività, risorse e responsabilità all'interno di un gruppo tenendo conto del suo obiettivo specifico; stimolare l'espressione di opinioni diverse e adottare un approccio sistemico</p>
	EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE
	Cultura e creatività digitale

ATTIVITÀ (DA SVOLGERE IN CLASSE)

NUCLEO MATEMATICA DELLA IA REGRESSIONE LINEARE	Sperimentare come funziona operativamente e matematicamente un algoritmo di machine learning (Rif. Syllabus, p. 31)
TEMPI STIMATI	90 minuti
TEMPI EFFETTIVI (DA CONSIDERARE NELLA IMPLEMENTAZIONE)	2 ORE

FASE DI PRODUZIONE E VALUTAZIONE

MODULO 3 | NUCLEO PROGETTO |

PRINCIPIO GUIDA

Il progetto rappresenta allo stesso tempo un'attività didattica e uno strumento di valutazione. La dimensione didattica dello sviluppo di un progetto, finalizzato alla soluzione di un problema reale, permette di applicare le competenze attivate nei moduli precedenti e di sviluppare le competenze trasversali (soft skill); mentre viene inteso come strumento di valutazione in quanto è possibile raccogliere evidenze osservando e analizzando sia i processi di sviluppo e realizzazione del progetto che l'elaborato finale. Lo studente sarà in grado di immaginare una soluzione basata sull'IA per risolvere un problema reale.

COMPETENZE	Al termine del nucleo tematico lo studente è in grado di: <ul style="list-style-type: none">• Progettare e realizzare una soluzione che implementi l'IA a un problema reale (progetto)*
CONOSCENZE IMPORTANTI PER LA COMPrensIONE	<ul style="list-style-type: none">• Strumenti per supportare la creatività nella generazione di idee• Fondamenti di project management• Fondamenti di public speaking
ABILITÀ (IMPORTANTI PER FARE)	<ul style="list-style-type: none">• Definire le fasi di sviluppo del progetto• Definire le necessità del progetto• Realizzare un documento di progetto• Controllare lo stato di avanzamento del progetto• Raccontare l'evoluzione del progetto scegliendo il registro adatto in funzione dell'audience e del contesto

IDEE GUIDA E DUREVOLI

Guidare un robot a distanza sembra quasi fantascienza. In realtà, è un progetto alla portata di tutte e tutti applicando le competenze logico-matematiche e STEM. Occorre sempre di più utilizzare la fantasia e la creatività per immaginare soluzioni di intelligenza artificiale per risolvere problemi di vita quotidiana e affrontare le sfide del futuro.

COMPETENZE	Al termine del nucleo tematico lo studente è in grado di: <ul style="list-style-type: none">• Sviluppare un sistema di controllo tramite gesti per controllare il movimento a distanza di robot• Far percorrere un percorso
CONOSCENZE IMPORTANTI PER LA COMPrensIONE	<ul style="list-style-type: none">• Conoscere come gestire un robot• Conoscere il linguaggio per muovere un robot• Conoscere alcuni aspetti etici e il contributo delle neuroscienze della IA
ABILITÀ (IMPORTANTI PER FARE)	<ul style="list-style-type: none">• Sviluppare un sistema di controllo tramite gesti per controllare il movimento a distanza di robot e far percorrere un percorso definito.• Creare un dataset composto dal corretto numero di classi per controllare i movimenti di un robot• Testare il modello allenato e migliorarlo agendo sul dataset• Realizzare il codice per controllare il robot con i gesti

DISCIPLINE COINVOLTE	ITALIANO (ITA), INGLESE (ING), TECNOLOGIA (TEC), SCIENZE (SCI), MATEMATICA (MAT), EDUCAZIONE CIVICA (ECD)
-----------------------------	---

CONNESSIONI CON LE INDICAZIONI NAZIONALI (2012) - TRAGUARDI PER LO SVILUPPO DI COMPETENZE AL TERMINE DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO TC-SSPG)

ITALIANO | L'alunno produce testi multimediali, utilizzando in modo efficace l'accostamento dei linguaggi verbali con quelli iconici e sonori; espone oralmente all'insegnante e ai compagni argomenti di studio e di ricerca, anche avvalendosi di supporti specifici (schemi, mappe, presentazioni al computer, ecc.); riconosce e usa termini specialistici in base ai campi di discorso; utilizza le conoscenze metalinguistiche per comprendere con maggior precisione i significati dei testi e per correggere i propri scritti.

INGLESE | L'alunno affronta situazioni nuove attingendo al suo repertorio linguistico; usa la lingua per apprendere argomenti anche di ambiti disciplinari diversi e collabora fattivamente con i compagni nella realizzazione di attività e progetti.

TECNOLOGIA | L'alunno è in grado di ipotizzare le possibili conseguenze di una decisione o di una scelta di tipo tecnologico, riconoscendo in ogni innovazione opportunità e rischi; utilizza adeguate risorse materiali, informative e organizzative per la progettazione e la realizzazione di semplici prodotti, anche di tipo digitale; Sa utilizzare comunicazioni procedurali e istruzioni tecniche per eseguire, in maniera metodica e razionale, compiti operativi complessi, anche collaborando e cooperando con i compagni; progetta e realizza rappresentazioni grafiche o infografiche, relative alla struttura e al funzionamento di sistemi materiali o immateriali, utilizzando elementi del disegno tecnico o altri linguaggi multimediali e di programmazione.

SCIENZE | L'alunno esplora e sperimenta, in laboratorio e all'aperto, lo svolgersi dei più comuni fenomeni, ne immagina e ne verifica le cause; ricerca soluzioni ai problemi, utilizzando le conoscenze acquisite; sviluppa semplici schematizzazioni e modellizzazioni di fatti e fenomeni ricorrendo, quando è il caso, a misure appropriate e a semplici formalizzazioni.

MATEMATICA | L'alunno analizza e interpreta rappresentazioni di dati per ricavarne misure di variabilità e prendere decisioni; riconosce e risolve problemi in contesti diversi valutando le informazioni e la loro coerenza; spiega il procedimento seguito, anche in forma scritta, mantenendo il controllo sia sul processo risolutivo, sia sui risultati; confronta procedimenti diversi e produce formalizzazioni che gli consentono di passare da un problema specifico a una classe di problemi; produce argomentazioni in base alle conoscenze teoriche acquisite; sostiene le proprie convinzioni, portando esempi e controesempi adeguati e utilizzando concatenazioni di affermazioni.

ARTE | L'alunno realizza elaborati personali e creativi sulla base di un'ideazione e progettazione originale, applicando le conoscenze e le regole del linguaggio visivo, scegliendo in modo funzionale tecniche e materiali differenti anche con l'integrazione di più media e codici espressivi; analizza e descrive beni culturali, immagini statiche e multimediali, utilizzando il linguaggio appropriato.

CONNESSIONE CON I FRAMEWORK EUROPEI E DI EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE	
LINK CON FRAMEWORK EUROPEI E DI EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE	
DICOMP 2.2	LIFECOMP
COMUNICAZIONE E COLLABORAZIONE 2.3 Esercitare la cittadinanza attraverso le tecnologie digitali; 2.4 Collaborare attraverso le tecnologie digitali	PERSONALE FLESSIBILITÀ 2.1 Attitudine a esaminare opzioni e modalità di azione a fronte di nuove evidenze; 2.2 Comprendere e adottare nuove idee, approcci, strumenti e azioni in risposta ai diversi contesti
CREAZIONE DI CONTENUTI DIGITALI 3.1 Sviluppare contenuti digitali; 3.2 Integrare e rielaborare contenuti digitali	IMPARARE AD IMPARARE MENTALITÀ ORIENTATA ALLA CRESCITA L1.3 Riflettere sui feedback ricevuti dagli altri e sulle esperienze, positive o negative, per continuare a sviluppare il proprio potenziale
RISOLVERE PROBLEMI 5.1 Risolvere problemi tecnici; 5.2 Individuare bisogni e risposte tecnologiche; 5.3 Utilizzare in modo creativo le tecnologie digitali	IMPARARE AD IMPARARE GESTIONE DELL'APPRENDIMENTO L3.1 Consapevolezza dei propri interessi, processi e strategie preferite di apprendimento, compresi i bisogni di apprendimento e il supporto necessario; L3.2 Pianificazione e realizzazione di obiettivi, strategie, risorse e processi di apprendimento; L3.3 Considerare e valutare scopi, processi e risultati della costruzione dell'apprendimento e della conoscenza, stabilendo relazioni tra i vari ambiti
	COMPETENZA SOCIALE COLLABORAZIONE S3.3 Condividere equamente attività, risorse e responsabilità all'interno di un gruppo tenendo conto del suo obiettivo specifico; stimolare l'espressione di opinioni diverse e adottare un approccio sistemico
	EDUCAZIONE CIVICA DIGITALE
	Dati e Intelligenza Artificiale: capirne il ruolo, il valore, i rischi, le implicazioni Cultura e creatività digitale
ATTIVITÀ (DA SVOLGERE IN CLASSE)	APPROFONDIMENTO SUL TEMA ETICO E NEUROSCIENTIFICO CONNESSO CON L'IA (120 minuti) IDEAZIONE E REALIZZAZIONE PW (_____ ?) TEACHABLE MACHINE CHALLENGE (90 minuti) (Rif. Syllabus, p. 41)
TEMPI STIMATI	210 minuti + PW
TEMPI EFFETTIVI (DA CONSIDERARE NELLA IMPLEMENTAZIONE)	PW (?) + 4 (2+2) ORE APPROFONDIMENTO ETICO E NEUROSCIENZE + 2 ORE CHALLENGES

OVERVIEW

MODULO 1 ATTIVAZIONE [CLASSE PRIMA]	NUCLEO LINGUISTICO (4 ORE)
	NUCLEO STORICO (2 ORE)
	NUCLEO ARTISTICO CINEMATOGRAFICO (2 ORE)
	ORE TOTALI: 8
MODULO 2 COINVOLGIMENTO [CLASSE SECONDA]	NUCLEO PROGRAMMAZIONE E ROBOTICA (4 ORE)
	NUCLEO MATEMATICA DELL'AI (4 ORE)
	ORE TOTALI: 8
MODULO 3 PRODUZIONE E VALUTAZIONE [CLASSE TERZA]	NUCLEO ETICA E NEUROSCIENZE (2 ORE) PROJECT WORK (8)
	ORE TOTALI 26

Tutte le singole attività svolte, con la descrizione delle metodologie didattiche attuate e i materiali utilizzati per lo svolgimento, sono scaricabili con il seguente QRCode:



Parte terza

6. Formare i docenti alle competenze di intelligenza artificiale: analisi di alcuni framework di riferimento

di Luca Ferrari

Introduzione

L'intelligenza artificiale si sta diffondendo sempre più in ambito educativo, influenzando/modificando il tradizionale rapporto tra insegnante e studente in una nuova dinamica che coinvolge insegnante-IA-studente (Fengchun, Mutlu, 2024). Questa “trasformazione” richiede, evidentemente, di ripensare il ruolo degli educatori e le competenze necessarie per integrare e gestire efficacemente eco-sistemi di IA nella didattica (Ferrari, Ellerani, 2025). Tale cambiamento – riconosciuto anche in Italia dalle recenti Linee guida per l'introduzione dell'Intelligenza Artificiale nelle scuole (MIM, 2025) – si traduce nella definizione e nel costante aggiornamento dei quadri di competenze digitali che permettano agli insegnanti di comprendere come l'IA possa rappresentare, da un lato, uno strumento in grado di integrarsi nella professionalità docente a supporto di diverse funzioni e attività (anche di natura organizzativa-gestionale) e, dall'altro, un ambiente e strumento di mediazione didattica.

Secondo alcuni autori, infatti, l'IA ha trasformato il campo dell'istruzione introducendo aspettative e requisiti più elevati per le conoscenze professionali e le competenze degli insegnanti (Fengchun, Wayne, 2023). Si pensi, per fare solo un esempio, al tema del *prompt engineering* che richiede, oggi più che mai, ai docenti, di esplicitare le loro capacità progettuali e metodologiche (Eager, Brunton, 2023) per formulare interrogazioni efficaci agli agenti conversazionali per ottenere determinati risultati attesi (es. piani di lezione, feedback formativi, materiali didattici, ecc.).

Se è chiara quindi la necessità di sviluppare un'alfabetizzazione all'IA, è altrettanto evidente che esiste – attualmente – un gap significativo nella preparazione sistematica degli insegnanti. In un recente rapporto UNE-

SCO (2024) si legge, infatti, che solo 11 paesi hanno sviluppato curricula ufficiali di IA per il segmento K-12 e altri 4 sono attualmente in fase di sviluppo.

Alla luce dello scenario brevemente illustrato, a partire dal concetto di competenza digitale, il contributo esplora le caratteristiche di una serie di framework internazionali che intendono qualificare le competenze degli insegnanti nell'ambito dell'IA, analizzandone caratteristiche e potenziali criticità.

1. La competenza digitale: un costrutto in costante evoluzione

Come noto, a partire dal 2006, la Commissione Europea ha sviluppato una serie di quadri di riferimento e raccomandazioni politiche finalizzati a promuovere l'acquisizione di competenze digitali in una prospettiva di apprendimento permanente, rivolgendosi sia ai cittadini (come nel caso del DigComp 2.2, aggiornato nel 2022) sia ai professionisti dell'educazione. Per il settore educativo, sono stati elaborati framework specifici come il DigCompEdu (Punie et al., 2017) e strumenti di autovalutazione quali SELFIE e SELFIE for Teachers, progettati per supportare scuole e insegnanti nell'utilizzo delle tecnologie digitali e nello sviluppo delle proprie competenze digitali.

Evidentemente, la rapida diffusione dei sistemi di intelligenza artificiale e l'avvio di diverse iniziative di formazione nel settore educativo ha evidenziato la necessità di evolvere i quadri di riferimento esistenti.

In questa direzione, sono state recentemente elaborate proposte di espansione del DigCompEdu, come quella proposta nel progetto europeo "AI Pioneers", che integra in modo trasversale la dimensione dell'IA all'interno del suddetto framework (tab. 1).

Oltre a questa proposta di espansione del noto framework indirizzato a educatori e formatori, una prima analisi esplorativa della letteratura internazionale fa emergere l'esistenza (e la co-esistenza) di diversi approcci e prospettive relative alla definizione delle competenze di IA per gli insegnanti.

Si presentano in modo sommario, nei prossimi due paragrafi, i framework elaborati da UNESCO e OECD a sostegno della qualificazione dei docenti sul tema dell'IA.

Tab. 1 - Insetto al Framework DigCompEdu – progetto AI Pioneers

Area	Competenze specifiche per l'IA
<i>Coinvolgimento e valorizzazione professionale</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Partecipare a programmi di sviluppo professionale orientati all'IA • Collaborare utilizzando strumenti basati sull'IA • Sperimentare l'IA per le attività organizzative • Sviluppare e condividere risorse sull'IA • Organizzare o partecipare a discussioni sull'etica dell'IA • L'IA nelle comunità di apprendimento professionali
<i>Risorse digitali</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sviluppare materiali didattici potenziati da IA • Partecipare alla valutazione delle risorse IA e condividerle con la comunità educativa • Organizzare workshop sulle risorse IA • Rimane informati sulle tendenze delle risorse IA • Implementare una gestione responsabile delle risorse (etica, copyright e privacy) • Creazione collaborativa di risorse IA • Esplorare l'IA per diverse esigenze di apprendimento
<i>Pratiche di insegnamento-apprendimento</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Progettare piani didattici integrati con l'IA • Condurre workshop sull'alfabetizzazione dell'IA • Implementare apprendimento personalizzato basato sull'IA • Promuovere progetti collaborativi potenziati dall'IA • Rimanere aggiornati con le tendenze educative dell'IA • Utilizzare l'IA per la gestione della classe • Incentivare discussioni etiche sull'IA
<i>Valutazione dell'apprendimento</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementare strumenti di valutazione potenziati dall'IA • Analizzare le prestazioni degli studenti con l'analisi dei dati dell'IA • Condurre workshop sull'etica nelle valutazioni assistite dall'IA • Progettare attività di valutazione potenziate dall'IA • Rimanere informati sulle tendenze della valutazione assistita dall'IA • Promuovere l'integrità accademica nelle valutazioni assistite dall'IA (equità e integrità, plagio) • Condividere le migliori pratiche nella valutazione assistita dall'IA
<i>Valorizzazione delle potenzialità degli studenti</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementare l'apprendimento adattivo basato sull'IA • Sviluppare strumenti di apprendimento IA inclusivi • Guidare gli studenti nei progetti IA • Organizzare workshop sull'alfabetizzazione IA • Promuovere l'uso etico dell'IA • Supportare l'apprendimento autodiretto con l'IA • Condividere storie di successo dell'IA nell'apprendimento
<i>Sviluppo delle competenze digitali degli studenti</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sviluppare un curriculum di alfabetizzazione sull'IA • Organizzare workshop sul pensiero critico • Insegnare la sicurezza e l'etica online • Facilitare i progetti basati sull'IA • Ospitare relatori e organizzare gite scolastiche in materia di IA • Implementare strumenti IA per l'apprendimento • Collaborare a progetti interdisciplinari sull'IA

2. Il framework UNESCO per le competenze di IA degli insegnanti

Pubblicato nel 2024, il framework UNESCO “AI competency framework for teachers” rappresenta uno dei contributi più strutturati in questo ambito. Questo quadro di riferimento è particolarmente allineato con il curriculum di IA “Lucy” e ne ha ispirato la costruzione. Il framework si articola in cinque dimensioni che qualificano la professionalità docente.

Nella sezione *short summary* del quadro di riferimento si afferma che “[nel] campo dell’istruzione, l’IA ha trasformato il tradizionale rapporto insegnante-studente in una dinamica insegnante-IA-studente. Questo cambiamento richiede un riesame del ruolo degli insegnanti e delle competenze di cui hanno bisogno nell’era dell’IA” (Fengchun, Mutlu, 2024, p. 3). In questa prospettiva, la proposta di UNESCO individua 5 dimensioni fondative sulle quali sviluppare la professionalità docente sul tema IA, accompagnate da 3 livelli progressivi di competenza (tab. 2); tali elementi forniscono una *roadmap* concreta per guidare i percorsi di formazione e lo sviluppo professionale degli insegnanti sull’intelligenza artificiale.

Tab. 2 - Le aree di competenze dell’AI competency framework for teachers di UNESCO

Aspects	Progression		
	Acquire	Deepen	Create
1. Human-centered mindset	Human agency	Human accountability	Social responsibility
2. Ethics of AI	Ethical principles	Safe and responsible use	Co-creating ethical rules
3. AI foundations and applications	Basic AI techniques and applications	Application skills	Creating with AI
4. AI pedagogy	AI-assisted teaching	AI-pedagogy integration	AI-enhanced pedagogical transformation
5. AI for professional development	AI enabling lifelong professional learning	AI to enhance organizational learning	AI to support professional transformation

La prima dimensione, denominata *Human-centred mindset*, si concentra sui valori e gli atteggiamenti che gli insegnanti devono coltivare quando interagiscono con l’IA, con l’obiettivo di garantire che i diritti umani

e il benessere delle persone rimangano sempre gli elementi cardine della riflessione sull'intelligenza artificiale. La seconda dimensione riguarda l'*Ethics of AI* e mira a promuovere un utilizzo responsabile e consapevole, stabilendo i principi etici fondamentali e le regole che ogni insegnante deve conoscere e applicare. La terza dimensione, *Foundation and applications*, fornisce le basi teoriche e pratiche necessarie per comprendere, creare e utilizzare l'IA in contesti educativi, sviluppando le conoscenze e le abilità indispensabili per selezionare, applicare e personalizzare gli strumenti disponibili. La quarta dimensione si focalizza sull'*AI pedagogy*, ovvero l'integrazione dell'IA nei processi di mediazione didattica. Gli insegnanti imparano a valutare criticamente gli strumenti adattandoli per supportare i processi di insegnamento-apprendimento, mantenendo sempre un approccio critico, etico e inclusivo. La quinta e ultima dimensione, *AI for Professional Development*, definisce le competenze necessarie per utilizzare l'IA come strumento di crescita personale e di sviluppo professionale.

Il framework UNESCO¹ propone linee guida dettagliate per ogni dimensione di competenza, specificando le conoscenze e le abilità che i docenti dovranno maturare considerando tre livelli. Nella fase iniziale, definita "Acquire" i docenti costruiscono le competenze digitali fondamentali sull'IA, apprendendo i meccanismi di funzionamento e le possibili applicazioni didattiche. Nella fase "Deepen", gli insegnanti imparano a incorporare l'IA nelle loro metodologie didattiche e a valutarne criticamente gli effetti sul processo di apprendimento degli studenti. Nella fase finale "Create", i docenti utilizzano l'IA per innovare il proprio insegnamento, integrando e/o progettando nuovi approcci didattici che sfruttino appieno le potenzialità dell'IA.

1. La visione promossa dal framework si basa sulle Raccomandazioni UNESCO del 2021 sull'etica dell'intelligenza artificiale e sul "Beijing Consensus on artificial intelligence and education" (UNESCO, 2019).

Immagine 1 - Un estratto dell'AI competency framework for teachers

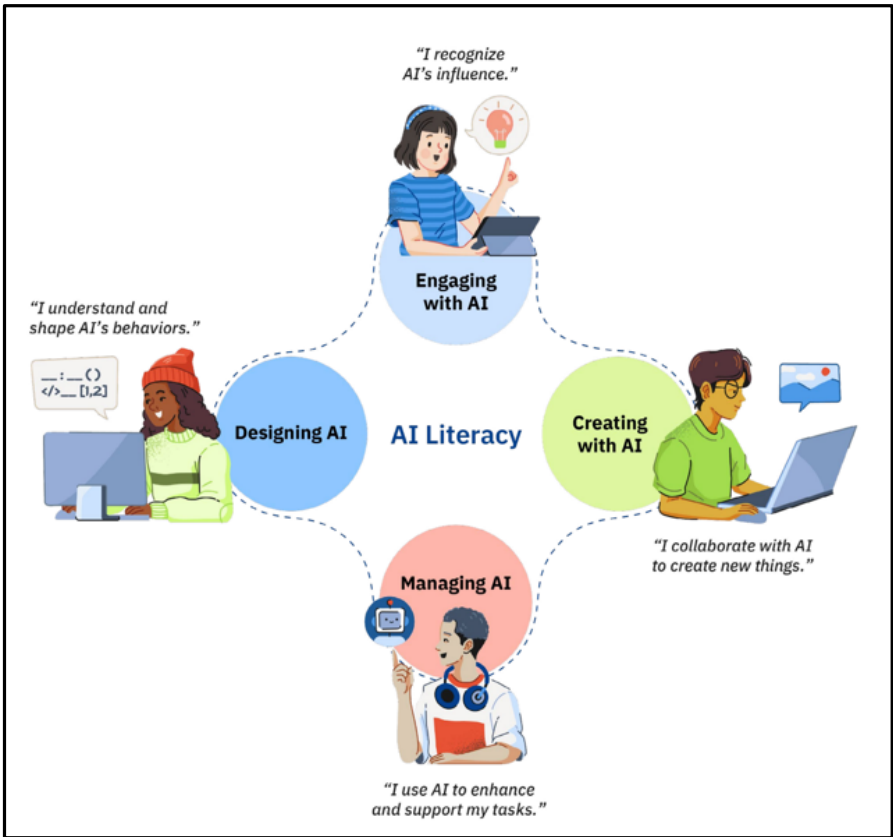
Deepen				
	TEACHER COMPETENCY	CURRICULAR GOALS (CG) (Teacher training or support programmes should ...)	LEARNING OBJECTIVES (LO) (Teachers can ...)	CONTEXTUAL ACTIVITIES (Teachers can demonstrate the following attitudinal or behavioural changes)
AI pedagogy	4.2 AI–pedagogy integration: Teachers are able to adeptly integrate AI into the design and facilitation of student-centred learning practices to foster engagement, support differentiated learning and enhance teacher–student interactions, with the aims of promoting empathy, as well critical thinking and problem-solving skills among students.	CG4.2.1 Design and organize learning strategies based on videos of exemplar AI-enhanced learning practice; support teachers to analyse the impact of AI on learning processes, teacher–student interactions, academic learning outcomes, as well as on social and emotional learning; develop teachers’ understanding of learning design, the appropriateness of AI tools and their uses, and inclusion for students with variable abilities; facilitate teachers’ self-reflection on AI-assisted learning activities they have designed or facilitated. CG4.2.2 Deepen understanding of the impact of AI by encouraging teachers to discuss selected research reports or conduct action studies around impacts of AI on students’ agency, thinking and learning processes; interactions with teachers; academic outcomes; and on their social-emotional learning, among other key topics; guide teachers to understand the benefits and risks of AI-assisted learning activities. CG4.2.3 Support the integrated deployment of foundational knowledge and skills on AI to meet the needs of teaching, learning and assessment; where applicable, guide teachers to apply pedagogical principles to review the main functions of integrated AI-assisted learning systems adopted by schools. CG4.2.4 Support the transfer from instructional design to learning design in the context of the validation and pedagogical use of AI; organize hands-on practice for teachers to design and facilitate AI-assisted learning activities based on comprehensive consideration of the uses of AI in the preparation of learning resources, thinking and learning processes, human interactions, performance monitoring and assessment; support teachers’ practice-based reflection and redesign in iterative cycles of learning design, learning facilitation, reflection and redesign.	LO4.2.1 Adeptly integrate ethical principles, student-centred pedagogical methodologies and interdisciplinary perspectives on learning objectives into their learning design practices; this can range from their evaluation and blending of AI tools and their design of teaching, learning and assessment, to their planning of teacher–student interactions and facilitation of learning. LO4.2.2 Critically evaluate whether various categories of AI or specific tools present advantages in assisting the co-design of micro-curricula or courses, enhancing student-centric teaching, assisting formative assessment, monitoring learning processes, advising on personalized student engagement and facilitating augmented human interaction; where AI advantages can be validated, blend AI tools and resources into student-centred pedagogical practices to enhance students’ higher-order thinking, understanding, application of knowledge and skills, appropriate social interactions and value orientation. LO4.2.3 Critically examine the appropriateness of the use of a specific AI application or an integrated AI-assisted learning system (e.g. LMS) in formative learning assessment and high-stake examinations; when it has clear advantages, adeptly blend appropriate tools in facilitating the design and administration of AI-assisted formative assessments and human-accountable decision loops to bolster students’ learning outcomes, intellectual development and psychometric progress.	Mapping of AI tools and application skills: Update or scale up the concept map of AI tools to reflect key features of various categories of AI tools, evaluate their pedagogical affordance for student-centric pedagogical activities, and reflect on progression and needs for further upskilling. Insights into pedagogical assumptions behind AI tools: Cooperate with peers or experts to examine whether the design of general AI systems considers pedagogical implications, and what those pedagogical implications are for different categories of AI; understand and explain the key pedagogic assumptions that underpin a given educational AI tool or system. Designing and facilitating students’ use of AI for higher-order thinking and social-emotional learning: Design student-centric teaching and learning activities based on validated educational AI tools and facilitate students’ use of AI to support higher-order thinking, collaborations, as well as social and emotional learning. Human-accountable AI-assisted assessments: Debunk myths around the use of AI to automate the design, administration and grading of assessments by examining the risks of AI in usurping human accountability when providing feedback and making decisions on students’ learning outcomes. Consider the limitations in the local education system regarding assessment structures and analyse possible trade-offs between potential benefits and risks of using AI in summative assessment and examinations. Be persistent in ensuring human accountability in decisions on learning outcomes and prevent the use of AI for making judgements and predictions about learners’ social, ethical and psychometric development.

Ogni fase del percorso è accompagnata da traguardi formativi specifici e da esempi concreti che facilitano l’implementazione del quadro nella pratica quotidiana.

3. Il framework OECD: verso l’alfabetizzazione IA per studenti e insegnanti

Un altro framework recentemente pubblicato è l’“Empowering Learners for the Age of AI. An AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education” (OECD, 2025). Questo lavoro rappresenta il primo tentativo sistematico di definire un quadro di alfabetizzazione all’IA specificamente progettato per l’istruzione primaria e secondaria.

Immagine 2 - Le dimensioni dell’AI Literacy framework



Il framework, il cui acronimo è “AILit”, si articola in quattro domini di competenza tra loro interconnessi. I quattro ambiti comprendono 22 competenze declinati in conoscenze, abilità e attitudini attese:

- “Engaging with AI”. Gli studenti imparano a riconoscere la presenza dell’IA e sviluppano competenze critiche per valutare accuratezza e rilevanza dei suoi risultati.
- “Creating with AI”. Gli studenti collaborano creativamente con l’IA attraverso prompt e feedback, sviluppando consapevolezza etica su proprietà e uso responsabile dei contenuti.
- “Managing AI”. Gli studenti imparano a delegare strategicamente compiti all’IA per concentrarsi su attività umane, mantenendo controllo etico e allineamento IA propri valori.
- “Designing AI”. Gli studenti esplorano praticamente come progettazione e dati influenzino l’equità dei sistemi di IA, sviluppando capacità di orientarla verso il bene comune.

Ad integrazione della proposta UNESCO questo framework si concentra su quello che i docenti possono fare concretamente in aula con gli studenti per sviluppare l’IA Literacy. Le tre tematiche principali sulle quali ruotano i domini riguardano “come funzionano l’intelligenza artificiale e l’apprendimento automatico”, le “competenze umane da valorizzare per una collaborazione efficace con gli strumenti di intelligenza artificiale” e gli “effetti dell’intelligenza artificiale sugli individui, sulla società e sull’ambiente”.

La proposta dell’OCSE – rivolta non solo a insegnanti, ma anche per i dirigenti scolastici e i decisori politici – sostiene che l’alfabetizzazione all’IA non deve essere concepita come una “disciplina isolata”, ma come un insieme di competenze trasversali che permeano tutte le aree curriculari.

Il framework AILit si caratterizza per il suo approccio interdisciplinare, includendo materiali che possono essere riutilizzati dai docenti, esempi pratici e scenari didattici che possono essere trasferiti e adattati in contesti formativi².

4. Tentativi di classificazione dei framework

Oltre a queste due rilevanti proposte di quadri di riferimento, la letteratura recente ha visto la pubblicazione di alcuni tentativi di classificazione relativi ai framework delle competenze di intelligenza artificiale per

2. <https://IALiteracyframework.org/>

insegnanti e studenti. Ci soffermeremo qui sui risultati di due revisioni sistematiche che hanno portato alla definizione di un sistema tassonomico (relativo alle competenze degli insegnanti) in grado di far emergere le specificità caratterizzanti questi quadri concettuali.

Il primo studio che si presenta in modo sommario è stato condotto da Zhou e colleghi nel 2025. Gli autori, nella loro revisione sistematica, hanno fatto emergere cinque categorie nelle quali si possono collocare gli attuali quadri di riferimento: “AI literacy-based frameworks”, “TPACK-based frameworks”, “AI readiness frameworks”, “Professional competency-based frameworks”. All’interno di queste sono presenti alcuni dei costrutti fondativi delle competenze IA degli insegnanti, ovvero:

- “AI Cognition”, riguarda la comprensione dei concetti fondamentali dell’IA;
- “AI Application”, si riferisce alla capacità di utilizzare strumenti e tecnologie basate sulla IA;
- “AI Ethics”, riguarda la consapevolezza e l’applicazione dei principi etici nell’uso dell’IA;
- “AI Evaluation”, si focalizza sull’uso e sull’impatto degli strumenti IA nei processi valutativi;
- “AI Professional Development”, riguarda l’impegno del docente nell’aggiornamento professionale.

L’analisi dei framework di competenze IA ha rivelato che i suddetti costrutti chiave sono presenti in misura minore o maggiore a seconda dei framework esaminati. In generale, la revisione ha dimostrato che tutti i framework identificano l’“AI Cognition” e l’“AI application” come componenti sempre presenti. La categoria “AI ethics” rappresenta un altro costrutto significativo ed individuato nella maggior parte dei framework selezionati nello studio. Meno frequentemente, ma comunque rilevante, è il focus sulla “AI evaluation”; mentre l’“AI for professional development” è un costrutto che appare solo in una minoranza dei framework esaminati dalla revisione della letteratura. In linea generale questi framework delineano un modello multidimensionale delle competenze IA per i docenti che si distingue per il superamento di una logica puramente strumentale, privilegiando invece lo sviluppo di una consapevolezza umana e critica rispetto alle dimensioni etiche dell’intelligenza artificiale. Particolare rilievo assumono le questioni di sicurezza e privacy, riconosciute come elementi costitutivi della competenza professionale e non più come meri aspetti tecnici.

Il secondo studio che si propone è una revisione sistematica condotta da Mikeladze e colleghi (2024), volta a esaminare i framework di competenze sull’IA per insegnanti attraverso l’analisi dei loro punti di forza, debolezze e applicazioni pratiche per ricercatori, educatori e decisori politici.

Il risultato del lavoro di ricerca si traduce in un tentativo, più articolato rispetto a quello dello studio precedente, di classificare i framework esistenti (tab. 3).

Tab. 3 - La classificazione dei framework proposta da Mikeladze et al., 2024

Categoria	Descrizione
Existing competence model-oriented	Si tratta di modelli teorici consolidati rivolti a insegnanti, tra cui, DigCompEdu, o il Competence Framework for Teachers proposto da UNESCO (2024). Questi framework, già implementati e validati nella pratica, offrono approcci strutturati per incorporare le competenze IA nell'educazione scolastica.
Competence areas/ domains-oriented	Un approccio comune per sviluppare framework di competenze di IA consiste nel definire aree specifiche attraverso domande chiave sui nuovi domini di conoscenza e competenze necessarie agli insegnanti. Un esempio è il sopraccitato “AI Competence Framework for Teachers” di UNESCO che prevede 5 macroaree di competenza che possono essere gradualmente acquisite dai docenti.
Process-driven (process competency model)	I framework guidati da “processi” esaminano come tradurre i processi di applicazione dell'IA in classe in competenze specifiche, focalizzandosi sulla collaborazione ibrida tra umano-IA. Si tratta, ad esempio, di come insegnanti e sistemi di IA possano complementarsi definendo quali livelli di automazione e quali compiti affidare all'IA a supporto dei processi d'insegnamento-apprendimento. Esempio di framework: TPACK framework in IA education proposto da Kim & Kwon (2023).
AI systems-driven (specific work/job model)	Questi framework organizzano le competenze IA degli insegnanti basandosi sui sistemi IA specifici utilizzati, suddividendole in tre categorie: come funzionano le macchine, come usarle efficacemente e come applicarle nel contesto educativo. Questi framework sono ideali per insegnanti che stanno iniziando a utilizzare l'IA nella didattica, fornendo competenze mirate per strumenti specifici (come ChatGPT) che integrano i framework di competenze digitali generali. Esempio di framework: Digital Interaction Literacy (DIL) competency model.
Competence level-driven (multidimensional).	Gli approcci guidati dai livelli di competenza integrano competenze tecniche e non-tecniche creando framework multidimensionali che collegano modelli IA, strumenti, applicazioni e attitudini. Questi modelli sistematici offrono profondità e gerarchia alle competenze IA, ma la loro complessità potrebbe non rendere funzionale l'implementazione pratica. Esempio di framework: Generative AI (GAI) competence framework adattato da Sattelmälaer & Pawlowski (2023).

Quello che emerge dalla *review* è che, sebbene i framework possano aiutare sia i policy maker sia gli insegnanti nella definizione di competenze legate all'IA in ambito scolastico, in tutti i quadri di riferimento sono presenti alcune criticità. Una delle principali limitazioni riguarda la mancanza di validazione empirica, poiché buona parte dei framework selezionati si trova ancora nelle fasi iniziali di sviluppo e necessita di essere ulteriormente testata e applicata concretamente nella realtà educativa per dimostrarne l'efficacia.

Un'altra problematica significativa è la difficoltà di implementazione pratica. Senza un certo grado di flessibilità nella costruzione dei framework, questi modelli risultano inevitabilmente incompleti e la rapida evoluzione dei sistemi di intelligenza artificiale può ostacolare la definizione delle competenze.

È evidente che, nel contesto attuale, gli insegnanti sono chiamati a consolidare competenze didattiche e disciplinari, sviluppando al contempo solide competenze digitali e di IA da impiegare trasversalmente, per sostenere efficacemente i processi di insegnamento-apprendimento, il proprio sviluppo professionale e il miglioramento qualitativo del sistema scolastico.

Conclusioni

I framework brevemente illustrati proposti dall'OCSE e da UNESCO, così come lo stesso curriculum “Lucy” proposto dall'IC3 Mattarella di Modena, riconoscono il ruolo chiave degli insegnanti (e degli studenti) nello sviluppo dell'educazione alla IA attraverso l'integrazione dell'IA nella pratica didattica concreta. Gli insegnanti aiutano gli studenti a connettere idee astratte a contenuti disciplinari specifici, guidano l'indagine sul funzionamento dei sistemi IA e creano spazi di supporto per discussioni su equità, *bias* e impatti nel mondo reale (Allen, Kendeou, 2024; Chiu et al., 2021).

Le revisioni sistematiche presentate evidenziano un panorama in rapida evoluzione, contraddistinto da criticità e approcci diversificati, che convergono però su alcuni elementi fondamentali. Indubbiamente, se l'IA è intesa come “la grammatica di base del nostro secolo”, è necessario che tutti i cittadini, insegnanti inclusi, siano equipaggiati con competenze specifiche per comprendere cosa sia l'IA, come funziona, cosa possa e non possa fare, quando sia utile e quando il suo uso dovrebbe essere messa in discussione.

Questo richiede un ripensamento più profondo dei modelli pedagogici esistenti e la messa a punto di framework che considerino l'impatto multidimensionale dell'IA in campo educativo. Allo stesso tempo, l'educazione all'IA, come evidenziato da Kandlhofer e colleghi (2016), dovrebbe essere

concepita come un percorso di alfabetizzazione che attraversa tutti i livelli scolastici, richiedendo un approccio sistemico e coordinato a livello internazionale. Solo attraverso una formazione adeguata degli insegnanti (e degli studenti) sarà possibile realizzare il potenziale trasformativo dell'IA nell'educazione, mantenendo al centro la dimensione umana e i valori fondamentali dell'atto educativo.

Bibliografia

- Allen, L. K., Kendeou, P. (2024), “ED-AI Lit: An Interdisciplinary Framework for AI Literacy in Education”, *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 11(1), pp. 3-10.
- Bekiaridis, G., Attwell, G. (2025), *AI Pioneers: Supplement to DigCompEdu framework*, European Commission.
- Bers, M. U., Ponte, I., Juelich, C., Viera, A., Schenker, J. (2002), “Teachers as designers: Integrating robotics in early childhood education”, *Information Technology in Childhood Education Annual*, 2002(1), pp. 123-145.
- Calvani, A., Cartelli, A., Fini, A., Ranieri, M. (2008), “Models and instruments for assessing digital competence at school”, *Journal of E-learning and Knowledge Society*, 4(3), pp. 183-193.
- Calvani, A., Fini, A., Ranieri, M., Picci, P. (2009), “Digital Competence Assessment (DCA): Uno strumento per valutare le competenze digitali degli studenti”, *TD-Tecnologie Didattiche*, 48, pp. 39-45.
- Chiu, T. K. F., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. S., Cheng, M. (2021), “Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education”, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, p. 100118.
- Eager B., Brunton R. (2023), “Prompting Higher Education Towards AI-Augmented Teaching and Learning Practice”, *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 20(5).
- Fengchun, M., Mutlu, C. (2024), *AI competency framework for teachers*, UNESCO.
- Fengchun, M., Wayne, H. (2023), *Guidance for generative AI in education and research*, UNESCO.
- Ferrari, L., Ellerani, P. (2025), “Riconoscere e potenziare le competenze progettuali degli insegnanti attraverso l'integrazione di eco-sistemi di AI generativa”, *Research Trends In Humanities Education & Philosophy*, 12(1), pp. 10-24, 10.6093/2284-0184/11561.
- Gabbi, S., Bocconi, S., Panesi, S. (2023), *DigCompEdu: I quadro di riferimento europeo sulle competenze digitali dei docenti*, INDIRE.
- 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)*, pp. 1-9.

- Kim, K., Kwon, K. (2023), “Exploring the AI competencies of elementary school teachers in South Korea”, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, p. 100137.
- Mikeladze, T., Meijer, P. C., Verhoeff, R. P. (2024), “A comprehensive exploration of artificial intelligence competence frameworks for educators: A critical review”, *European Journal of Education*, 59(3), e12663.
- MIM (Ministero dell’Istruzione e del Merito) (2025), *Linee guida per l’introduzione dell’Intelligenza Artificiale nelle istituzioni scolastiche*. Allegato al DM n. 166 del 9 agosto 2025, Roma.
- Nan, S. (2020), “Research on artificial intelligence education in kindergarten from the perspective of STEAM education”, *2020 International Conference on Modern Education and Information Management (ICMEIM)*, pp. 1-4.
- OECD (2025), *Empowering learners for the age of IA: An IA literacy framework for primary and secondary education* (Review draft), OECD, Paris, <https://ailiteracyframework.org/>.
- Redecker, C., Punie, Y. (2017), *European Framework for the Digital Competence for Educators: DigCompEdu*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- UNESCO (2019), *Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education*, UNESCO, Paris.
- UNESCO (2024), *K-12 AI Curricula: a mapping of government-endorsed AI curricula*, UNESCO Publishing.
- Zhou, T., Tondeur, J., Howard, S. (2025), “AI Competency Frameworks for Teachers: A Systematic Review”, *EdMedia + Innovate Learning (Conference)*, pp. 636-642, www.learntechlib.org/primary/p/226198/.

Postfazione.

Educare per pensare il mondo che viene

di *Luca Baraldi**

C'è un momento preciso in cui un progetto smette di essere semplicemente un esperimento e assume i tratti di una visione possibile, di una prospettiva alternativa, di una nuova posizione nel mondo. Il curriculum *Lucy IA* è nato e ha trovato spazio proprio così: come un gesto che, in qualche modo, ha preceduto il suo tempo, esprimendo un atto di fiducia, forse dissonante, nella possibilità che scuola, impresa e organizzazioni potessero non solo reagire al cambiamento, o metabolizzarlo, ma interrogarlo, sfidarlo, anticiparlo. Inizialmente, quando il progetto ha mosso i primi passi, non c'era una teoria, ma la percezione di un'urgenza. C'era la sensazione, sempre più forte, che la tecnologia stesse rapidamente modificando non tanto – o non soltanto – ciò che sappiamo, ma il modo in cui pensiamo. Non solo il cosa ma il come. E in quel “come”, dal nostro punto di vista, si gioca il destino della cultura. Nel libro se ne parla diffusamente: l'intelligenza artificiale non cambia semplicemente le nostre abilità cognitive, trasforma radicalmente il modo in cui la conoscenza viene creata, diffusa, negoziata, contrastata, promossa, legittimata. Il curriculum *Lucy IA* è nato in risposta alla volontà di intervenire proprio nel contesto in cui il pensiero prende forma. Non soltanto per insegnare a utilizzare l'IA, ma per mettere in discussione il pensiero umano di fronte all'IA, per imparare a comprenderne le potenzialità ed i rischi, e a convivere senza perdere l'autonomia del proprio pensiero. E forse proprio questo è il tratto più radicale della visione: non l'implementazione di un progetto sull'intelligenza artificiale, ma la volontà di attivazione di una pratica di intelligenza pubblica, capace di restituire alla natura dinamica della conoscenza il suo carattere cooperativo, sociale, umano.

1. Ambassador, European Digital SME Alliance; già Head of Human Sciences di Ammagamma (Lucy IA).

Oggi viviamo, più o meno consapevolmente, in una civiltà in cui la memoria viene sempre più esternalizzata, la percezione della realtà viene mediata da strumenti digitali e il giudizio è sempre più delegato a sistemi di automazione cognitiva. Gli algoritmi – è importante ricordarlo – non si limitano a fornire risposte, ma ci indirizzano verso ciò che si pensa (o si vuole che pensiamo) che valga la pena chiedere. Com'è evidente, in questo processo di automazione della scoperta e della curiosità, la scuola è chiamata a restare uno spazio fondamentale di presidio della libertà cognitiva. Uno dei pochi luoghi – assieme alle biblioteche, ai musei, agli spazi aperti di dibattito sociale – in cui è ancora possibile decidere di pensare. In cui è possibile imparare ad assumersi la responsabilità di ciò che si può e si vuole pensare. L'esperienza di Lucy mostra pertanto che educare all'IA significa prima di ogni altra cosa educare alla libertà di elaborazione della forma del pensiero, anziché insegnare semplicemente come adattarsi alla sua imitazione. Significa insegnare a bambine, bambini e insegnanti a distinguere con lucidità critica tra l'informazione e la conoscenza, tra la capacità di calcolo e l'attribuzione di senso, tra la possibilità della predizione e la necessità della comprensione. In un mondo che ci induce sempre più ad ottimizzare, Lucy nasce anche dalla volontà – consapevole e deliberata – di rallentare, di complicare, di problematizzare. Nasce come una prospettiva ispirata dall'intento di restituire dignità al dubbio, di rivendicare tempo per il ragionamento, di riconoscere il valore dell'errore.

Fin da subito, l'abbiamo immaginato non semplicemente come un metodo, ma come un atto politico. Come un modo per restituire alla scuola il suo ruolo originario di infrastruttura cognitiva della democrazia, in cui imparare a negoziare i significati, a mettere in discussione le evidenze, ad accettare la sfida di creare sapere senza cedere alla tentazione dell'efficienza e della semplificazione ottimizzante.

Lucy è stato anche un esperimento di alleanza cognitiva, capace di dimostrare che l'educazione, nella sua natura più profonda, può nascere anche dall'incontro, non sempre semplice, tra mondi diversi: da una parte la scuola con la sua struttura e la sua lentezza fisiologica, dall'altra l'impresa con la sua necessità di accelerazione e la sua natura costantemente esplorativa. Questa convergenza, dal mio punto di vista, rappresenta la vera innovazione, non di natura tecnologica, o semplicemente didattica, ma epistemica. La dimostrazione di come la conoscenza possa germogliare e crescere per contaminazione, anziché per specializzazione. L'intelligenza collettiva, di cui tanto si sente parlare, non di rado in maniera più vaga del necessario, in questo caso è diventata una pratica concreta, fondata sulla cooperazione reale tra prospettive disciplinari, linguaggi e diversità generazionali. E forse la lezione più profonda del progetto è stata proprio questa:

la comprensione di come l'educazione non debba inseguire la tecnologia, o semplicemente insegnare a usarla, ma abilitare la capacità di comprenderla, di orientarla, di governarla. Perché ogni innovazione che non produce nuova consapevolezza alimenta nuovi meccanismi di dipendenza. Educare all'IA, nella visione di Lucy, significava pertanto educare alla capacità di discernimento, di formulazione del giudizio, di orientamento in ecosistemi di senso fortemente instabili.

In questo senso, potremmo rileggere Lucy non come la proposta di un modello, ma come la formulazione di un paradigma; non come l'elaborazione di una metodologia, ma come l'apertura di una prospettiva, in cui l'educazione deve accettare la responsabilità e acquisire la capacità di interrogarsi sul proprio tempo e sulle sfide che lo caratterizzano. Proprio in quanto paradigma, esprime ed evidenzia snodi strutturali di un cambiamento epocale, che è importante mettere a fuoco e comprendere:

- la conoscenza non è mai neutra: se è vero – ed è vero – che ogni dato è una scelta e che ogni algoritmo esprime uno specifico punto di vista, allora l'educazione deve divenire il luogo in cui la società deve decidere, collettivamente, quali valori incorporare nell'innovazione tecnologica, quali prospettive culturali preservare e quali trascurare, quale concezione di umanità riconoscere e promuovere;
- l'intelligenza è una forma di relazione, che non può nascere nell'isolamento, o nell'acquisizione lineare di nozioni, ma deve prendere forma nello scambio, nella dialettica tra linguaggio, finanche nel conflitto, riconoscendo lo stesso atto di pensare come un esercizio di coesistenza cognitiva;
- come diceva il filosofo della storia Manuel Cruz, il futuro non si predice, ma si produce: ogni sistema di previsione algoritmica, per quanto apparentemente accurata, rimane una proiezione del passato. L'educazione, invece, può diventare lo spazio di abilitazione della capacità umana di produrre – e prima ancora di immaginare – ciò che ancora non esiste. Il compito della scuola, tra i tanti, è anche quello di mostrare non come eseguire un futuro, ma come rivendicare il diritto di ricevere strumenti nuovi, punti di vista impensati, scenari di futuro inimmaginati.

Ciò che resta alla fine del progetto, pertanto, è una sorta di invito. A reimparare a considerare la scuola come il primo – e il più importante – laboratorio pubblico dell'intelligenza, in cui è possibile imparare non soltanto a replicare le risposte, ma a formulare domande che ancora non esistono, o non si vogliono accettare. Ad avere il coraggio di riscoprire l'educazione non come uno spazio di adattamento al mondo che cambia,

ma come una vera e propria ecologia del pensiero, capace di rigenerarsi e rigenerare. Ad avere la lungimiranza di comprendere come, nell'era degli algoritmi predittivi, la vera rivoluzione sia quella di considerare legittima e di mantenere viva la possibilità dell'imprevisto, del dubbio, della contraddizione. Lucy è nata anche con l'ambizione di ricordare che l'intelligenza non coincide semplicemente con la capacità di calcolare, organizzare, incasellare, ma con quella di comprendere, interrogare, dubitare.

Forse è proprio questa la forma più alta di umanità nell'era dell'intelligenza artificiale. Non soltanto l'umano che conserva la capacità di governare le macchine, perché il dominio – inteso come esercizio di controllo – non è più una misura di libertà. Non soltanto la macchina che acquisisce la capacità (viene programmata per simulare la capacità) di riprodurre l'intelligenza umana, perché la sola verosimiglianza non rappresenta certamente un indice di progresso. È, piuttosto, la società che impara a pensare insieme, superando soglie e gerarchie, perimetri culturali e rigidità cognitive, armonizzando umani e sistemi, codici e culture, generazioni differenti e intelligenze eterogenee che si osservano, si interrogano e si trasformano a vicenda. Una società pensante intesa non come uno spazio di uniformità, o di omogeneizzazione, ma come una possibilità di attivazione della capacità sociale di abitare la complessità con lucidità, onestà e rispetto. Una società pensante che trasforma la tecnologia in relazione, l'informazione in conoscenza, e la conoscenza in coscienza collettiva.

Forse è stato proprio questo il lascito più profondo e più rilevante di Lucy: aver mostrato la possibilità di educare non con lo scopo di trasmettere certezze, ma di insegnare a custodire la possibilità stessa del dubbio condiviso e del pensiero libero. Perché, mai come oggi, la vera intelligenza non è quella che valuta più accuratamente, o quella che calcola più velocemente, ma quella che riconosce il valore dell'imprevisto, della scoperta dissonante, del dialogo costruttivo, dello spazio di interazione con un pensiero diverso dal nostro. Che ne fa il luogo in cui l'umanità, coraggiosamente, ambiziosamente, faticosamente, giorno dopo giorno può imparare a rinascere.

Processi e Linguaggi dell'Apprendimento
diretta da R. Trincherò

Ultimi volumi pubblicati:

ROBERTO TRINCHERO (a cura di), *Mind games*. Il Ciclo di Apprendimento Esperienziale come strategia didattica e di potenziamento cognitivo.

SUSANNA PIACENZA, MARIA TERESA MIGNONE, *Lo specchio generoso*. Il metodo Bright Start e le sue sperimentazioni in Italia e all'estero.

SUSANNA PIACENZA, *La valutazione che cambia*. Una valutazione dinamica per il cambiamento evolutivo (disponibile anche in e-book).

FRANCESCO BEARZI, SALVATORE COLAZZO, *New WebQuest*. Apprendimento cooperativo, comunità creative di ricerca e complex learning nella scuola di oggi (disponibile anche in e-book).

ROBERTO TRINCHERO, ALBERTO PAROLA (a cura di), *Educare ai processi e ai linguaggi dell'apprendimento* (disponibile anche in e-book).

ILARIA SALVADORI, *L'insegnante esperto*. Le possibili declinazioni della leadership docente.

VINCENZO BONAZZA, *Individualizzazione e scuola*. Il modello di apprendimento, la strategia didattica, la ricerca empirica.

ALBERTO PAROLA, MARIA GRAZIA TURRI, *Legami vitali fra Scuola, Università, Impresa*. Il progetto "ScopriTalentò".

GAETANO DOMENICI, VALERIA BIASI (a cura di), *Atteggiamento scientifico e formazione dei docenti*.

Open Access

Open Access - diretta da R. Trincherò

FILOMENA FAIELLA (a cura di), *Eye tracking glasses per migliorare la didattica*. Report di uno studio internazionale e interdisciplinare.

AURORA RICCI, *Emancipare al plurale*. La ricerca empirica in educazione per il Growth Mindset.

ELENA LUPPI, AURORA RICCI, DANIELA BOLZANI, *Diventare intraprendenti e sviluppare il proprio potenziale*. Modelli e strumenti per la valutazione delle competenze trasversali per l'imprenditorialità/intraprendenza.

GUGLIELMO TRENTIN, *Imparare ad apprendere senza soluzione di continuità negli spazi ibridi*.

DANIELA ROBASTO (a cura di), *Robot e cobot nell'impresa e nella scuola*. Processi formativi e trasformativi nella workplace innovation.

ROBERTO TRINCHERO (a cura di), *Sperimentare percorsi didattici nella scuola*. La sperimentazione regionale delle Indicazioni Nazionali Nuovi Scenari 2018 - FAMI IMPACT InterAzioni in Piemonte 2.

FILOMENA FAIELLA, *Scaffolding*. Il concetto, le strategie e le tecniche del supporto ai processi di apprendimento.

PAOLA RICCHIARDI, EMANUELA M. TORRE, ROBERTO TRINCHERO (a cura di), *Percorsi di ricerca didattica e docimologia*. Studi in onore di Cristina Coggi.

GIANCARLO GOLA, *Video-analisi*. Metodi prospettive e strumenti per la ricerca educativa.

CRISTIANO CORSINI, GIUSEPPE C. PILLERA, CHRISTOPHER H. TIENKEN, MARIA TOMARCHIO (a cura di), *Evaluating Educational Quality*.

IRENE DORA MARIA SCIERRI, MARCO BARTOLUCCI, ROSARIO SALVATO (a cura di), *Lettura e dispersione*.

Questo LIBRO



ti è piaciuto?

Comunicaci il tuo giudizio su:

www.francoangeli.it/opinione



**VUOI RICEVERE GLI AGGIORNAMENTI
SULLE NOSTRE NOVITÀ
NELLE AREE CHE TI INTERESSANO?**



ISCRIVITI ALLE NOSTRE NEWSLETTER

SEGUICI SU:



FrancoAngeli

La passione per le conoscenze

Copyright © 2025 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy. ISBN 9788835185390

Vi aspettiamo su:

www.francoangeli.it

per scaricare (gratuitamente) i cataloghi delle nostre pubblicazioni

DIVISI PER ARGOMENTI E CENTINAIA DI VOCI: PER FACILITARE
LE VOSTRE RICERCHE.



Management, finanza,
marketing, operations, HR

Psicologia e psicoterapia:
teorie e tecniche

Didattica, scienze
della formazione

Economia,
economia aziendale

Sociologia

Antropologia

Comunicazione e media

Medicina, sanità



Architettura, design,
arte, territorio

Informatica, ingegneria

Scienze

Filosofia, letteratura,
linguistica, storia

Politica, diritto

Psicologia, benessere,
autoaiuto

Efficacia personale

Politiche
e servizi sociali



FrancoAngeli

La passione per le conoscenze

Copyright © 2025 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy. ISBN 9788835185390

L'IA non è entrata improvvisamente nella nostra odierna quotidianità. È all'origine di molte innovazioni che da tempo continuano a trasformare sia le abitudini delle persone sia i processi del lavoro, oltre che il lavoro stesso. Nell'educazione il tragitto è stato altrettanto carsico, non-lineare, a volte invisibile: eppure sin dal suo nascere, al MIT di Boston, l'IA ha originato un itinerario intenzionale che ha connesso le pratiche alle teorie, per lo sviluppo dell'intelligenza, del pensiero computazionale, di quello critico, riflessivo e creativo.

Il curriculum di Lucy IA, svolto dal 2020 al 2025, rappresenta il tentativo di coniugare una nuova tecnologia e la scuola delle competenze, al riparo dai rischi di "svendita" dell'identità digitale di studenti under 14. In scala ridottissima, il tentativo è stato di smontare e ricostruire quanto è alla base dei learning model e di LLM, all'interno di un contesto - che esprime forme didattiche laboratoriali di making, tinkering e coding - nel quale allieve e allievi, esperti ed insegnanti, hanno operato con e su gli strumenti di IA.

L'approccio di Lucy IA ha permesso di andare all'origine dei saperi, per ricostruirli. In questo orizzonte, il curriculum non è stato interpretato come una sequenza di contenuti, bensì un'infrastruttura culturale, un progetto di scuola, una forma di cura: non c'è apprendimento senza engagement, e non c'è engagement senza agency. Educare è anche rendere visibili e abitabili i mondi dell'intelligenza, dove nuove metodologie nella formazione dei docenti dovrebbero aprirsi per comprendere l'IA non solo come strumento didattico, ma anche come contesto che può creare nuove condizioni di sviluppo professionale.

Il curriculum di Lucy IA è multidisciplinare, attraversato da linguaggi plurali, dal pensiero critico, dalla comprensione profonda: se l'IA viene smontata, diviene una palestra di messa alla prova delle comprensioni. Se viene smontata e rimontata può assumere significati di sviluppo socio-culturale e di bene comune (AI4SG). Il tempo del curriculum IA è il tempo dell'educazione in grado di aiutare a guardare alla grande trasformazione cui ci obbliga l'intelligenza artificiale. Che riguarda la scuola, riguarda tutti.

Piergiuseppe Ellerani, professore ordinario presso l'Alma Mater di Bologna, svolge attività di ricerca su contesti di apprendimento, curricula, innovazione metodologica e agency.